امکان سنجی اعمال سیستم اتوماسیون در شبکه های توزیع برق ایران

فرشید هدایت
شرکت سهامی خدمات مهندسی برق ـ مشانیر (معاونت توزیع)
f.hedayat@moshanir.com

محمود رضا حقی فام
دانشگاه تربیت مدرس ـ دانشکده فنی و مهندسی (بخش برق)
haghifam@modares.ac.ir

چکیده

ضرورت اجرای اتوماسیون در ایران با توجه به شرایط نامطلوب اکثر شبکه های توزیع، بیشتر و بیشتر احساس میگردد. طرحهای اتوماسیون اهدافی چون کاهش تلفات، فروش بیشتر انرژی توزیع نشده، کاهش هزینه کار نیروی انسانی، شناسائی استفاده کنندگان غیر مجاز برق، کشف سریع محل عیب و مانور از راه دور را دنبال میکند. علاوه بر مزایای فنی، اعمال این سیستم دارای سودآوری اقتصادی بوده که مجموعاً بستگی به انتخاب صحیح تابع عملکردی و اجزای تشکیل دهنده آن متناسب با معیارهای فنی و اقتصادی شبکه توزیع مورد آزمایش دارد. به عبارت دیگر با استفاده از یک الگوی جامع در راستای محاسبات سود به هزینه، میتوان توابع موجود را با در نظر گرفتن پارامترهای فنی و شرایط اقتصادی شبکه توزیع مورد نظر آزمایش و طرحی مطلوب انتخاب نمود. در این مقاله، مطالعات امکان سنجی در قالب روشی نوین برای شبکه های توزیع واقعی نیز انجام گرفته است. در نهایت پس از تحلیل نتایج و بررسی نسبت سودهای حاصله به برآورد هزینه های موجود در اثر اعمال اتوماسیون توزیع، توابع موثر اجرائی و مقرون به صرفه اقتصادی در سطوح مختلف این شبکه ها تعیین و طرح مطلوب به بهره بردار ارائه خواهد شد. همچنین با استفاده از نتایج بدست آمده، پیشنهاداتی در بخش های تشکیل دهنده سیستم اتوماسیون در راستای اجرای بهینه طرحهای موجود برای شبکه های توزیع برق ایران داده شده است.

1- مقدمه

امروزه از دغدغه های مهم صنعت برق کشور که توجه تمامی مسئولین و کارشناسان بهره بردار را به خود جلب نموده، مشکلات و معضلات موجود در سطح شبکه های توزیع می باشد. از جمله مشکلات موجود در شبکه های توزیع، بالا بودن تلفات، افت ولتاژ غیرمجاز، خاموشی‌های طولانی مدت برق می‌باشد که با توجه به حجم زیاد سرمایه گذاری انجام گرفته در این نوع شبکه‌ها و لزوم بهره برداری مناسب، ایجاد مراکز اتوماسیون توزیع بعنوان یک راه حل اساسی مطرح می‌گردد. مصرف کنندگان نهائی انرژی الکتریکی در قالب مشترکین خانگی، اداری، تجاری، صنعتی و کشاورزی، عمومی همواره خواستار دریافت مداوم برق آنهم با کیفیت مناسب هستند. بنابراین در بهره برداری از شبکه های توزیع دو اصل اساسی ذیل همواره مطرح می گردد.

- تداوم ارائه سرویس به مشترکین
- حفظ کیفیت مناسب سرویس

تداوم ارائه سرویس به مشترکین جزء فعالیت اصلی مراکز حوادث شرکت های توزیع می باشد. ارائه سرویس به مصرف کنندگان برق به دلائل مختلف ممکن است با اختلال مواجه گردد. با رعایت استانداردها در احداث شبکه و کنترل، بازدید، سرویس، تعمیر بموقع تاسیسات و همینطور اصلاح و بهینه سازی آنها، از میزان خاموشی‌ها به میزان قابل ملاحظه ای کاسته شده است. غیر از مواردی مانند اعمال خاموشی های ناشی از کمبود انرژی برق در سطح تولید، سایر موارد قطع برق اغلب مربوط به شبکه توزیع است. مهم ترین عوامل عدم عملکرد عادی شبکه توزیع عباتند از :

1) حوادث غیرمترقبه مانند صدمه دیدن کابل‌ها، شکستگی تیرها، آسیب دیدگی تجهیزات ناشی از برخورد وسایل نقلیه و شرایط جوی و غیره.
2) اضافه بار خطوط، فیدرها و ترانس های توزیع
3) تعمیر یا سرویس تجهیزات

ارائه سرویس مداوم به مصرف کنندگان به تنهائی کافی نبوده و ارائه با کیفیت این سرویس از اهمیت ویژه ای برخوردار است. اهمیت این کیفیت از دو جنبه برای بهره‌بردار (شرکت‌های توزیع نیروی برق) و مشترکین می‌باشد:

- کاهش تلفات شبکه توزیع تا حد ممکن (از دید بهره بردار)
- تامین ولتاژ مناسب در پست های 400 ولت توزیع (از دید مشترک)

پیاده سازی سیستم اتوماسیون در شبکه توزیع با اقتصادی کردن بهره برداری منجر خواهد شد. مسئله اقتصادی آنقدر اساسی و مهم است که در تک تک اهداف اتوماسیون بخوبی قابل لمس می باشد، بطوریکه از عوامل اصلی روی آوری و استفاده از آن در شبکه‌های توزیع می باشد. افزایش مشکلات بهره‌برداری به علت گسترش بی‌رویه و بی‌قاعده شبکه های توزیع، وارد آمدن خسارت به مشترکین در اثر خاموشی، محدودیت بودجه شرکت های توزیع و همینطور پیشرفته شدن سیستم های سخت افزاری و نرم‌افزاری کاربردی توزیع امکان استفاده وسیع تر از سیستم های مخابراتی از جمله عواملی هستند که بهره بردار را در سایه ملاحظات اقتصادی به اعمال اتوماسیون جامع توزیع سوق می‌دهد. از اهداف مورد نظر جهت اعمال اتوماسیون توزیع با توجه به ساختار کلی شبکه :

1) حفظ بار یا انرژی (تداوم سرویس)
2) کاهش تلفات در شبکه
3) حفظ امنیت شبکه وجلوگیری از استفاده غیر مجاز
4) کاهش پیک بار و فروش انرژی توزیع نشده

5) بهبود قابلیت اطمینان شبکه و افزایش خدمات رسانی به مصرف کنندگان
6) بهبود کیفیت توان (حفظ کیفیت سرویس)
7) به تعویق انداختن قطعی انرژی و معرفی ساختار جدید می باشد.

جهت آنالیز پارامترهای سود و هزینه باید شناخت کاملی نسبت به هزینه های اجرائی اتوماسیون در شبکه توزیع داشته باشیم . صورت هزینه های کلی اعمال سیستم اتوماسیون شامل :

- هزینه های سرمایه‌گذاری و نصب تجهیزات پیشرفته شبکه توزیع
- هزینه های عملکردی (تجهیزات خاص، سیستم مخابراتی، نرم افزار، سخت افزار)
- هزینه های اجرائی (تعمیر و نگهداری سیستم اتوماسیون)

با توجه به درآمد یا سود حاصل در طول مدت بهره برداری از سیستم اتوماسیون در شبکه های توزیع ، می‌توان تحلیل اقتصادی را در قبال سیستم اتوماسیون مربوطه انجام داد. این تحلیل می‌تواند براساس مدل $\frac{B}{C}$ (سود به هزینه) یا مدل B-C (سود منهای هزینه) صورت پذیرد.[7],[2],[1]

در این مقاله به معرفی روشی نو جهت امکان سنجی اعمال سیستم اتوماسیون توزیع در شبکه‌ای مفروض می‌پردازیم. این روش با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای فنی و اقتصادی شبکه توزیع، به تحلیل سود ـ هزینه توابع مختلف بکار رفته در پروژه اتوماسیون اقدام می‌نماید.

2) توابع کاربردی و سطوح سیستم اتوماسیون توزیع

امکان اعمال اتوماسیون در سطوح مختلف شبکه توزیع وجود دارد که بر حسب قرار گرفتن مکانهای نصب تجهیزات مورد نظر در طول شبکه مشخص می‌گردد. این موارد به قرار زیر می‌باشند:

- پست توزیع
- خط فیدر توزیع
- مشترکین خانگی
- مشترکین صنعتی ـ تجاری ـ کشاورزی

2-1) متقارن کردن بار ترانسفورماتورها

در بسیاری از پست‌ها حتی اگر قابلیت کنترل مستقیم ترانسفورماتور وجود نداشته باشد. تقارن بار ترانسفورماتور پست قابل مونیتورینگ می‌باشد. قابلیت مونیتورینگ ترانسفورماتورها به تنهائی نقش مهمی در بهره‌برداری موثر از پست ایفا می‌کند. وجود اطلاعات روزانه در مورد تقارن بار ترانسفورماتور برای اقداماتی نظیر کلیدزنی خازنی و کنترل بار خانگی می‌تواند مفید باشد.[11]

2-2) کنترل بهینه ولتاژ

یکی از وظایف اتوماسیون توزیع، کنترل از راه دور **LTC**[1] ترانسفورماتور پست است که توسط آن ولتاژ خط در زمان اوج بار افزایش داده می‌شود.[1]

2-3) کنترل کلید فیدر فشار متوسط و رفع خطا

مراحل انجام این مانور در قالب تابع اتوماسیون به صورت زیر است.

- آشکار سازی خطا و تعیین نوع و محل آن در فیدر ارتباطی
- عملیات جداسازی بخش معیوب فیدر (ایزولاسیون)
- برقراری مجدد سرویس به بخش‌های سالم شبکه از طریق کلیدزنی
- رفع خطا و عیب فیدر و بستن مجدد بریکر منتهی به آن فیدر[6]

2-4) کلید زنی خازنی در سطح فیدرهای فشار متوسط

مرسوم‌ترین استفاده از سیستم اتوماسیون توزیع در طول فیدرها، از طریق این تابع صورت می‌پذیرد. با کنترل دور دست بانکهای خازنی از طریق اتوماسیون قادر به ارائه ضریب دلخواه توان و مناسب برای شبکه می‌باشیم. از طریق کنترل بانکهای خازنی می‌توان توان راکتیو مورد نظر را به شبکه تزریق نمود و ولتاژ را تثبیت کرد. و بدین ترتیب تلفات را به میزان زیادی کاهش داد.[7],[6]

2-5) کنترل بهینه و مونیتورینگ ولتاژ در سطح فیدر

اتوماسیون توزیع با مونیتورینگ ولتاژ فیدر از راه دور، پرسنل بهره‌بردار را قادر می‌سازد تا هشدار اولیه از کاهش سطح ولتاژ فیدر به دلیل افزایش مصرف را دریافت نموده و پیش‌بینی‌های لازم جهت اتخاذ تدابیر مقتضی و اقدامات مناسب را بنماید.

2-6) طراحی کلید زنی و تعیین نقاط بهینه جهت مانور در سطح فیدر

ساختار الگوریتمی این تابع شامل موارد زیر می‌باشد:

- مولفه‌های قابلیت اطمینان و داده‌های حاصل از پارامترهای فنی شبکه ـ اطلاعات جامع از مشترکین و سایر اجزای شبکه
- شرایط بخصوص فنی و اقتصادی شبکه
- در نظر گرفتن هر نقطه بار در شبکه

[1]) **Load Tap Changer**

- در نظر گرفتن هر حادثه قطعی و اتصالی در شبکه
- بدست آوردن نتایج حاصل از قابلیت اطمینان نقاط بار و هزینه‌های جاری مشترکین با استدلال
- تکرار هر مانور و انجام هر آزمایش با لحاظ نمودن حوادث خطا، قطع انرژی مشترکین و همینطور در نظر گرفتن نقاط بار.
- جمع تمام نقاط معلوم بار و هزینه‌های جاری مشترکین برای توصیف پارامترهای فنی و اقتصادی شبکه
- تغییر در محل‌یابی نصب تجهیزات تحت شرایط فنی و اقتصادی شبکه
- تکرار عملیات برای هر محل یابی ممکن در نصب کلید
- بررسی مکان‌یابی بهینه توسط مقایسه پارامترهای قابلیت اطمینان و هزینه‌های جاری با در نظر گرفتن تمام تغییرات ممکن در شبکه

- هدف این فرآیند پیدا کردن نقاط کلیدزنی یا مکان دژنکتورهای اتوماتیک جهت مانور است که بتواند در بهترین شرایط و کمترین زمان ممکن ساختار شبکه را بعد از وقوع خطا اصلاح نماید. این تابع شباهت زیادی به تابع کنترل کلید فشار متوسط فیدر منتهی به پست دارد ولی فرق آن در این است که هر فیدر فشار متوسط ممکن است نیاز به 3 الی 4 نقطه مانوری باشد. طول ساده شده فیدر (اصلی) در این مکان می‌تواند در تعیین نقاط مانور کمک نماید. البته استفاده از الگوریتم ژنتیک و نرم‌افزارهای خاص کاربردی در این رابطه می‌تواند بسیار موثر واقع شود. در ضمن به منظور انجام بهتر و بهینه نمودن مانور حتی‌الامکان نقاط مانوری، روی فیدر یا نزدیک فیدر اصلی قرار بگیرد. از مزایای اصلی این تابع اتوماسیون فیدر بهبود پروفیل ولتاژ در سطح فیدر و متعادل نمودن بار _ کاهش تلفات _ کاهش نرخ خاموشی و همینطور کاهش انرژی توزیع نشده می‌باشد.[1]

2-7) رله کردن حفاظتی در سطح فیدرها

عملیات حفاظتی در کنترل کننده پست انجام می‌شوند. حفاظت دیفرانسیل با قید هارمونیک در ترانسفورمرها _ باس‌ها و سمت ولتاژ پائین انجام خواهد شد. حفاظت زمان معکوس (Inverse Time) و جریان اضافی لحظه‌ای برای هر فیدر ترانس و خطوط فوق توزیع انجام می شود. حفاظت زمین برای بریکرهای ترانس ولتاژ پائین شده و نمونه‌برداری از جریان به میزان حداقل‌ها بار در هر سیکل مورد استفاده قرار می‌گیرد.[11]

2-8) مدیریت مصرف بار مشترکین

سالهاست که تولید کنندگان برق با اقتصادی کردن (تعدیل) هزینه‌های برق مصرف کنندگان خانگی موفق به کنترل سطح بار مصرفی و در پی آن مهار هزینه‌های تولید اضافی گردیده‌اند. حصول هرگونه موفقیتی در این زمینه مرهون در نظر گرفتن دو عامل می‌باشد.

- اول آنکه اقدام فوق نبایستی برای مصرف کننده ایجاد مزاحمت یا تحمیل خسارت کند.
- دوم آنکه شبکه توزیع در تامین هزینه‌های تجهیزات اولیه اتوماسیون موفق باشد.

معمولاً برنامه مدیریت بار شامل کنترل وسائل برقی و کنترل درجه حرارت خانه‌ها می‌باشد. معمولاً سیستم‌های **DSM**[2]، هیترهای گرم کننده آب شهری، سیستم‌های تهویه مطبوع و پمپ‌های استخر شنا را کنترل می‌نمایند.[14]

2-9) قرائت اتوماتیک کنتور دیجیتالی از راه دور **AMR**[3]

توزیع کنندگان برق مدتی است که در پی راههای اقتصادی قرائت کنتور مشترکین می‌باشند. این امر با نصب وسیله‌ای که تنها قابلیت مونیتورینگ را داشته باشد، انجام پذیر است. وسیله قرائت کنتور می‌تواند به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که چنانچه عدد قرائت شده از مقدار پیش‌بینی شده‌ای تجاوز نماید مورد را گزارش دهد. سیستم AMR قرائت و تعرفه بندی کنتورهای مشترکین از راه دور بطور خودکار است که از طریق سیستم مخابرات طیف گسترده (ازطریق ارتباطات با پهنای باند بسیار باریک **UNB**[4] و استفاده از خطوط فشار ضعیف تحت عنوان PLC با عناصر شبکه به راحتی ارتباط برقرار نماید. کنترل از راه دور **RTU**[5] دور کنتور یا چرخش دیسک کنتور را می شمارد و کنتور را به گیرنده اطلاعات یا Concentrators که در پست توزیع مربوطه نصب می شود، ارسال مینماید. اطلاعات کلیه کنتورها در مدت بسیار کوتاه با اتصال رایانه قابل حمل در محل پست تخلیه و جهت صورتحساب به رایانه مرکزی بخش مشترکین ارسال یا از طریق سیستم رادیو مدم انتقال می یابد. به دلیل کنتور خوانی خودکار، در چند دقیقه یکبار امکان تهیه پروفیل های بار مصرفی مشترکین در طول شبانه روز به سهولت فراهم است و این امر برای اعمال مدیریت مصرف در بخش توزیع موثر است. از جمله محسنات تجهیزات AMR قرائت در هر زمان _ جلوگیری از برق دزدی _ قطع و وصل اتوماتیک و هشدار فوری در هنگام قطع یا سرقت برق می‌باشد.[14]

2-10) قطع و وصل از راه دور برق مشترکین

اتوماسیون سیستم توزیع می‌تواند مجهز به کلید قطع و وصل در سطوح مشترکین شود تا از این طریق قادر به کنترل خاموشی آنها از راه دور گردد. این وسیله که بنام **SRD**[6] یا مرسوم است، صرفاً کنترلی بوده و قادر به مونیتورینگ نمی‌باشد. وجود این وسیله از نظرات مختلف حائز اهمیت است. اول آنکه برای قطع سرویس مشتری بدحساب نیازی به انجام کار نیروی انسانی جهت قطع برق نیست. دوم سهولت در قطع سرویس آن دسته از منازل استیجاری است که طول مدت اقامت مستاجر در آنها کم است.

2-11) گزارش خاموشی در طرف مشترکین

---

[2]) **Demand Side Management**
[3]) **Automat Meter Reading**
[4]) **Ultra Narrow Bandwithd**
[5]) **Remote Terminal Unit**
[6]) **Service Reconnect Device**

در غیاب یک سیستم اتوماسیون توزیع، معمولاً خبر قطع برق مشترکین توسط خود آنها صورت می‌پذیرد در حالیکه یک اتوماسیون توزیع جامع قابلیت کشف فوری قطع برق را دارد. این وسیله توانائی گزارش موردی را هنگامیکه فیدر توزیع محلی دچار قطعی شده باشد از طریق مونیتورینگ، داراست. ضمناً به مجرد برقراری سرویس گزارش مربوطه را ارسال می‌کند.

2-12) کاهش و یا قطع سرویس مشترکین

به دلیل اینکه مشتریان تجاری و صنعتی بیشترین درآمد را برای توزیع انرژی فراهم می‌آورد، شرکت‌های توزیع در محل آن مشترکین با اهمیت‌تر اقدام به نصب RTU کرده‌اند. در حالیکه امروزه با فراهم آمدن اتوماسیون توزیع امکان کنترل و مونیتورینگ با هزینه‌های کمتر نسبت به RTU بوجود آمده است. به همین دلیل اکثر این مشترکین زیر پوشش اتوماسیون توزیع قرار گرفته‌اند.

2-13) مونیتورینگ کیفیت سرویس مشترکین

به علت گران بودن مونیتورینگ شکل موج، این وسیله بطور موقت نصب و پس از تشخیص عیب، جمع‌آوری می‌شود. به منظور تهیه گزارش‌های عمومی، وسایل مزبور در اتوماسیون توزیع می‌تواند بصورت دائم در نقاطی از شبکه مشتری که از نظر آماری حاوی اطلاعات کیفی باشد، نصب گردد. کیفیت و سهولت در عرضه خدمات شبکه از طرف مشترکین امری عادی تلقی می‌گردد. تا زمانیکه اکثر مشتریان از خدمات با کیفیت بالا استفاده کنند، اصلاحات امکان پذیر است.[6],[3]

3) معرفی و مقایسه روشهای مخابراتی و انتقال داده ها

بسیاری از روشهای مورد استفاده ارتباطی در ساختار سیستم اتوماسیون دارای قابلیت‌هائی می‌باشند که بسته به نیاز شبکه توزیع و سایر شروط واجب یک سیستم مخابراتی جامع، انتخاب می‌شوند. این روشها را که ما از آنها با نام توابع مخابراتی اسم می‌بریم دارای مزایا و معایبی با توجه به مشخصه می‌باشند. در راستای بررسی امکانات و قابلیت‌های مخابراتی ابتدا سیستم‌های مختلف مخابراتی شامل سیستم‌های رادیوئی مایکروویو , طیف گسترده و رادیو سلولی ماهواره ای،**DLC**[7] سرویس‌های شرکت مخابرات ایران (کانال‌های اجاره ای و شبکه داده) مخابرات فیبرنوری،**TCP/IP**[8]**-PS** و کابل مخابراتی بررسی گردیده است. در جدول شماره1 خلاصه وضعیت توابع ارتباطی آمده است. [13],[5],[4]

4) بررسی مزایای اقتصادی و مطالعات جامع سود- هزینه از اعمال اتوماسیون در شبکه‌های توزیع

Costs یا هزینه‌های اعمالی سیستم اتوماسیون توزیع به عوامل مختلفی از جمله موارد زیر بستگی دارد:

- مساحت و ابعاد محدوده تحت پوشش
- وظایف مورد نیاز در اتوماسیون شبکه
- اطلاعات وسیگنال‌های مورد نیاز
- وضعیت فعلی تجهیزات شبکه توزیع
- وظائف کنترلی مورد نیاز
- سخت افزار و نرم افزارهای بکار رفته در مرکز کنترل و پایانه‌های راه دور
- روشهای مخابراتی مورد استفاده
- انجام عملیات بهره برداری و تعمیر و نگهداری از سیستم اتوماسیون

- بنابراین واضح است که ارزیابی هر پروژه اتوماسیون توزیع پس از تعیین موارد سود یا هزینه و همینطور طرح کلی سیستم امکان پذیر است. درآمد یا سود حاصل کلی در طول مدت بهره برداری یا عمر مفیده پروژه، می‌تواند شامل موارد زیر باشد. لازم به ذکر است که هر دو جنبه سود (کمی و کیفی) در این موارد لحاظ شده است. پس بنابراین سود حاصله یا **Benefits** می‌تواند دقت تحلیل اقتصادی را به میزان بسیار قابل قبولی بالا ببرد .[12]

- ارزش اسقاطی تجهیزات قبلی و غیر اتومایزه (به مزایده گذاشته)
- کاهش انرژی توزیع نشده در شبکه توزیع در زمان خاموشی و قطع برق- فروش انرژی توزیع نشده
- کاهش هزینه‌های بهره برداری- تعمیر و نگهداری سیستم اتوماسیون(کاهش نیروی انسانی جهت مانور بازیابی فیدر، قرائت کنتور مشترکین)
- کاهش تلفات انرژی در شبکه (کنترل بهینه ولتاژ، وار، تپ ترانس، برق دزدی .....)
- به تعویق انداختن سرمایه گذاری جدید (مدیریت پست ها و افزایش طول عمر تجهیزات)
- سود حاصل از کاهش خسارت به مشترکین
- ارزش اسقاطی تجهیزات اتوماسیون (پس از پایان عمر مفید پروژه)

با توجه به ساختار کلی سیستم‌های اتوماسیون شبکه توزیع از جمله توابع عملکردی _ طبقه‌بندی سخت افزاری _ نرم افزارهای کاربردی _ سیستم مخابراتی و ارتباط فرامین _ موارد سود و هزینه اجرای آن، واضح است که برای بررسی امکان سنجی پروژه‌های توزیع در ایران ابتدا باید شرایط و ویژگیهای خاص شبکه‌های توزیع و نیز مسائل اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی در نظر گرفته شود. با مد نظر قرار دادن مجموعه ای از تجارب و عملکرد سیستم اتوماسیون در شبکه‌های توزیع کشورهای مختلف و شرکت‌های پیش قدم در این زمینه که احتمال سوددهی اقتصادی توابع اصلی (و طرح جایگزین آن) بررسی شده است بعنوان الگوی طرح، می‌توان پروژه را در سطوح شبکه تعریف نمود. المانهای ورودی این فلوچارت امکان سنجی که در شکل شماره1 آمده، شامل موارد زیر می‌باشد:

- اطلاعات و پارامترهای فنی و شبکه توزیع
- ضرائب و پارامترهای محاسباتی اثر گذار عمومی در طراحی سیستم اتوماسیون توزیع

---

[7]) **Data Line Carrier**
[8]) **Power System-Transmission Control Protocol/Internet Protocol**

- مشخصه‌های عملکردی و پیکر بندی توابع اتوماسیون
- پارامترهای هزینه کلی شبکه اتومایزه [6] ,[1]

5) بررسی المانهای محاسبات امکان سنجی سیستم اتوماسیون توزیع

5-1) اطلاعات و پارامترهای فنی شبکه توزیع

این دسته از المانها شامل اطلاعاتی است که فقط برای شرکت توزیع قابل توجه و بکارگیری است. این اطلاعات شامل اطلاعات مربوط به تسهیلات و بهره‌بردار و تمامی اطلاعات و مشخصات فنی شبکه مورد مطالعه یا آزمایش جهت اعمال اتوماسیون می‌باشد. وجود این دسته از اطلاعات جهت بررسی نیاز شبکه به تجهیز اتوماسیون بسیار حیاتی بوده و از مهم‌ترین داده‌های ورودی به سیستم امکان سنجی می‌باشد. از جمله اطلاعات فنی مهم شبکه جهت این بررسی عبارتند از:

- تعداد پست‌های توزیع (پست‌های مانوری)
- تعداد فیدرهای منتهی به پست‌های مانوری (فیدرهای اساسی) بهمراه کل فیدرها
- تعداد و زمان خاموشی مشترکین در سال
- تعداد خطاهای کل شبکه در سال (خطاهای مانوری)
- زمان و هزینه متوسط هر کلید زنی و کار نیروی انسانی (قرائت کنتور و مانور و.....)
- تلفات کلی شبکه مورد نظر بر حسب کیلو وات ساعت در سال
- انرژی توزیع نشده شبکه مورد نظر بر حسب کیلووات ساعت در سال (با برنامه و بدون برنامه در سطح فشار ضعیف، فشار متوسط و تولید)
- پیک بار انرژی بر حسب مگاوات
- تعداد مشترکین (بر حسب در صد نوع آنها)
- مقدار خازن مورد استفاده برای هر پست (بطور میانگین)
- وسعت شبکه و تعداد مناطق زیر مجموعه هر شرکت توزیع جهت تعیین مراکز فرعی (**DDC**[9]) کنترل اتوماسیون

5-2) ضرائب و پارامترهای محاسباتی اثرگذار در مطالعات امکان سنجی اتوماسیون توزیع

آیتم های ورودی جهت محاسبات فنی و اقتصادی اتوماسیون نقش اساسی دارند. در حقیقت مطالعات امکان سنجی اتوماسیون بدون لحاظ نمودن این ضرائب و پارامترها ارزشی نداشته و مسیر اعمال اتوماسیون را به بی‌راهه می‌کشاند. بعضی از این پارامترها ثابت، ولی بعضی دیگر بر حسب شرایط شبکه توزیع و نوع سیستم اتوماسیون تغییر می‌نمایند. بیشتر این ضرائب اقتصادی بوده که بستگی به شرایط اقتصادی جامعه دارد. این ضرائب عبارتند از:

- حداقل نرخ جذب سرمایه گذاری (17٪ معادل نرخ سود بانکی ایران)
- ارزش اسقاطی تجهیزات سیستم اتوماسیون (معادل0.167 تجهیزات نو)
- ارزش اسقاطی تجهیزات غیر اتومایزه اولیه (معادل0.1 تجهیزات نو)
- نسبت انرژی توزیع نشده در شبکه اتومایزه به شبکه غیر اتومایزه (معادل0.125)
- هزینه سالیانه بهره‌برداری از سیستم اتوماسیون (حدود1٪ هزینه اولیه سیستم)
- نرخ تورم (طی یک دوره15 ساله20٪ در نظر گرفته می شود)
- طول عمر مفید پروژه (بر اساس تجارب سایر کشورها15 سال در نظر گرفته می شود)
- آنالیز حساسیت (براساس محاسبات میانگین و واریانس)
- روش تحلیل مطالعات اقتصادی امکان سنجی اتوماسیون ($\frac{B}{C}$)
- بهاء فروش هر کیلووات ساعت انرژی (بطور بدبینانه 400 ریال)
- هزینه متوسط طرح توسعه فیدرهای جدید بطور سالانه
- شاخصه‌های اتوماسیون[6] ,[1]

5-3) پیکربندی توابع عملکردی و ساختار سیستم اتوماسیون توزیع

بعنوان مهم‌ترین و اساسی‌ترین ورودی برنامه امکان سنجی اتوماسیون توزیع مطرح می‌باشد که اساساً طرح پروژه اتوماسیون بر آن استوار است. انتخاب توابعی مناسب با فیزیک و شرایط شبکه مورد آزمایش و همچنین بکارگیری تجهیزات مورد نیاز سیستم اتوماسیون در پایانه‌های فرعی _ مراکز کنترل و پست‌های توزیع از اهداف خاص مطالعات امکان سنجی نیز می‌باشد. با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و مطالعات فنی می‌توان توابع عملکردی در 3 سطح پست _ فیدر و مشترکین را بصورت چند منظوره یا ترکیبی جهت اعمال اتوماسیون استفاده نمود. ولی در بعضی مواقع بدلیل شرایط فنی شبکه و محدودیت اقتصادی نمی‌توانیم به این صورت عمل نمائیم.[10],[1]

5-4) تحلیل کلی روش امکان سنجی اجرای سیستم اتوماسیون و بررسی خروجی‌های آن

در این روش که از آن به عنوان یک سیستم نرم افزاری و برنامه امکان سنجی اتوماسیون نام می‌بریم و در شکل شماره1 آمده، 3 ورودی اصلی داریم که با مشخصه‌ها و پارامترهای آن آشنا شدیم. ورودی چهارم یا پارامترهای هزینه کلی اعمال سیستم اتوماسیون، مستقیماً از روی آیتم ورودی (توابع عملکردی و ساختار سیستم اتوماسیون توزیع) بوجود می‌آید. سه آیتم ورودی اصلی مذکور (تحت بلوک 3-2-1) پس از پردازش در بلوک A به دو خروجی مهم و اساسی منتهی می‌گردد. "نتایج فنی حاصله از بررسی توابع اتوماسیون و پارامترهای موجود شبکه مورد آزمایش" تحت بلوک B یکی از خروجیها و همینطور "سود حاصله از اعمال اتوماسیون در شبکه مورد آزمایش" تحت بلوک C خروجی دوم این پردازش می‌باشد. پس در بلوک A دو بررسی و محاسبه

[9]) **Distribution Dispatching Center**

مهم صورت می‌گیرد که خود زیر بنای ادامه مطالعات امکان سنجی است. بلوک B در نتیجه بررسی‌ها و مطالعات فنی مقیاس سیستم اتوماسیون تحت تابع عملکردی در شبکه مورد آزمایش می‌باشد که ممکن است دارای جواب مطلوبی نباشد. اگر از نظر فنی، تابع پیشنهادی و ساختار انتخابی اهداف اتوماسیون را در شبکه برآورده نسازند یا عدم تناسب بین شبکه توزیع و طرح اتوماسیون وجود داشته باشد (به سمتNO) یا به سمت بلوک شماره 3 (یا تعویض تابع و ساختار اتوماسیون _ یا چند منظوره شدن تابع) منتهی شده، فیدبک می‌گردد. در صورت جواب مطلوب و تناسب طرح با شبکه از نظر فنی (به سمتYES) یا به سمت گیت منطقیAND و بلوک E (یا پیشنهاد فنی طرح به کارفرما جهت اجرا) مرتبط می‌گردد. بلوک C نیز در نتیجه محاسبات حاصل از پردازش اطلاعات فنی شبکه و ضرائب موجود در قالب مشکلات و معضلات رفع شده (شامل انرژی توزیع نشده و تلفات و ...) بدست می‌آید. مهم‌ترین بخش این روش امکان سنجی مربوط به تحلیل سود به هزینه و ارزیابی اقتصادی طرح پیشنهادی می‌باشد که در بلوک D صورت می‌پذیرد. بلوک شماره 2،4 و همینطور بلوک C در نقش ورودی این تحلیل به بلوک D عمل می‌نمایند. اگر پس از انجام تحلیل، نسبت $\frac{B}{C}$ کوچکتر از عدد یک باشد، طرح از نظر اقتصادی مردود و مقرون به صرفه نمی‌باشد. این همان حالتی است که سود حاصله از اعمال اتوماسیون Benefits کمتر از هزینه‌های صرف شده در جت خرید _ نصب و راه‌اندازی سیستم اتوماسیون Costs می‌باشد. به عبارتی می‌گوئیم طرح موجود به سود دهی نمی‌رسد. در صورت وجود این حالت، مجبور به تعویض طرح یا تعویض تابع و ساختار عملکردی سیستم اتوماسیون هستیم (که به سمت NO) یا به سمت بلوک شماره 3 منتهی شده، فیدبک می‌گردد. ولی اگر پس از تحلیل، نسبت $\frac{B}{C}$ بزرگتر از عدد یک باشد، طرح از نظر اقتصادی تایید و مقرون به صرفه می‌باشد، در این حالت است که به سمت YES (به سمت گیت منطقیAND و بلوک E) یا پیشنهاد اقتصادی طرح به بهره بردار جهت اجرا منتهی می‌شود.

در بخش انتهائی فلوچارت امکان‌سنجی یا منتهی شدن بلوک B و بلوک D از طریق گیت منطقیAND به پیشنهاد طرح (بلوک E) فقط و فقط در صورتی طرح اتوماسیون قابل آزمایش، مورد تایید و لازم اجرا است که هم از نظر فنی و هم از نظر اقتصادی به ترتیب معقول و مقرون به صرفه باشد. در صورت عدم جواب مثبت برای هر کدام از دو آیتم مذکور طرح مردود می‌باشد، بطوریکه می‌توانیم رابطه $B \cap D \equiv E$ یا $B \Lambda D \equiv E$ را ذکر نمائیم.[1]

شکل شماره 1- فلوچارت امکان سنجی اعمال سیستم اتوماسیون در روی شبکه‌های توزیع

6) انجام مطالعات امکان سنجی اعمال سیستم اتوماسیون بر روی شبکه‌های واقعی

بمنظور نمایش عملکرد مطلوب این روش تحلیل در مطالعات پیاده سازی اتوماسیون توزیع و همینطور ارائه نتایج ارزیابی فنی و اقتصادی بطور ملموس تر جهت اجرای پروژه‌های مختلف، بهتر است دامنه تحلیل خود را به روی شبکه‌های واقعی گسترش دهیم. از میان پنج شرکت توزیع برق تحت پوشش استان تهران، برق مرکز مجهز به سیستم کنترل پیشرفته اتوماسیون شده که با اعمال 13٪ درجه اتوماسیون قابلیت اطمینان شبکه آن به میزان قابل قبولی بالا رفته و مشکلات موجود آن رفع شده است.[6],[1]

6-1) هزینه‌های موجود در سر راه اعمال اتوماسیون سیستم توزیع در قالب ارائه قیمت

هنگامیکه قابلیت انجام سیستم‌های **DA**[10] مورد بررسی قرار می‌گیرد، چیزی که علاوه بر منافع در نظر گرفته می‌شود، هزینه‌های زیاد و نیز برخورد حوزه‌های متفاوت اتوماسیون با یکدیگر در شبکه توزیع می‌باشد. صورت هزینه اجرای سیستم اتوماسیون در زمان بهره‌برداری شامل موارد:

6-1-1) اجزا و تجهیزات شبکه توزیع در 3 سطح مختلف

- نصب دژنکتور موتوردار بهمراه CT (ترانس جریان) و Fault Indicator (نشانگر خطا) در پست توزیع که با توجه به استعلام قیمت از شرکت‌های سازنده هرست از تجهیزات نامبرده مبلغ 54 میلیون ریال می‌باشد.
- هزینه متوسط خرید _ نصب و اجراء هر متر فیدر توزیع بهمراه تجهیزات جانبی آنها در شبکه مبلغ 310.000 ریال است.

[10]) **Distribution Automation**

- هزینه خرید _ نصب و راه‌اندازی هر کنتور دیجیتالی تکفاز و 3 فاز برای انواع مشترکین با استعلام قیمت از چند شرکت سازنده (بطور میانگین) به ترتیب زیر می‌باشد:

کنتور تکفاز تمام الکترونیکی ACE 171.600 ریال

کنتور 3 فاز تمام الکترونیکی CE5000 1.265.000 ریال

در این رابطه جهت اجرای پروژه‌های اتوماسیون توزیع در سطح مشترکین شبکه و نصب این کنتورها به میزان بسیار زیاد (حدود 600.000 عدد) قیمت‌های فوق تا حدود 30 الی40 درصد پائین خواهد آمد.

6-1-2) مراکز کنترل و تجهیزات سخت‌افزاری و نرم افزارهای کاربردی شبکه

- هزینه مربوط به ایجاد هر مرکز اصلی با احتساب کلیه سخت‌افزارها و نرم افزارها موجود در آن (استعلام از ABB و SIEMENS) در حدود 6 میلیارد ریال می‌باشد.
- هزینه مربوط به ایجاد هر مرکز فرعی (در هر منطقه تقسیم شده شبکه) با تجهیزات جانبی و متعلقات مربوطه سخت‌افزاری و نرم افزاری در حدود 1/5 میلیارد ریال است.
- هزینه مربوط به پست‌های توزیع و پایانه‌های راه دور جهت خرید ، نصب و راه‌اندازی RTU مبلغ 14 میلیون ریال و برای هر ست باطری و یکدستگاه باطری شارژر مبلغ 6 میلیون ریال براورد گردیده است.

6-1-3) سیستم مخابراتی و ارتباطی پوشش دهنده عملکردهای کنترلی _ حفاظتی شبکه اتومایزه

- استفاده از روش سیستم رادیوئی رادیو مدم _ طیف گسترده با نصب آنتن و Repeater در بالای هر پست توزیع پایانه فرعی مبلغ 30 میلیون ریال استعلام شده است.
- استفاده از روش VSAT یا GPS با تمام متعلقات در دو طرف منطقه ارسال (مرکز اصلی و مراکز فرعی آن) مبلغ 850 میلیون ریال نیز استعلام شده است.
- استفاده از کابل‌های فیبرنوری از قرار متری مبلغ 1000.000 ریال به انضمام مدم‌های مربوطه و متعلقات جانبی دیگر می‌باشد.
- استفاده از روش نوین PS-TCP/IP در سطح مشترکین و قرائت کنتور از راه دور اتوماسیون، دارای هزینه‌ای برابر با ارسال داده ها از طریق اینترنت میباشد.

کاهش هزینه‌های سیستم مخابراتی بطور مستقیم به تکنولوژی بکار رفته بستگی دارد. راه حل‌های معمول مذکور شامل اجزای هزینه زیر می‌باشند:

- هزینه تجهیزات مرکزی (مرکز کنترل اتوماسیون)
- هزینه تجهیزات پست یا ایستگاه رادیوئی
- هزینه ترمینال‌های مخابراتی در نقاط پایانه
- هزینه‌های عملیاتی

6-1-4) هزینه بازدیدهای سالانه و تعمیر- نگهداری و پردازش اطلاعات پریودیک

- هزینه متوسط هر نفر در سال از پردازش دیتا (دستمزد اپراتور و سخت افزار و نرم افزار و ...) در هر پست توزیع یا پایانه‌های راه دور مبلغ 100.000 ریال می‌باشد.
- هزینه متوسط بابت قرائت کنتورهای عادی هر مشترک در شرکت‌های توزیع برق استان تهران مبلغ حدودی 380 ریال و هزینه هر ساعت کلیدزنی و انجام مانور در سطح شبکه 120.000 ریال در سال 81 می‌باشد.

6-2) انجام مطالعات امکان‌سنجی اعمال سیستم اتوماسیون بر روی شبکه توزیع برق کرج

شبکه توزیع برق کرج از بیشترین انرژی توزیع نشده در میان شبکه‌های دیگر استان تهران، برخوردار است. از میان علل و عوامل انرژی توزیع نشده که بدلائل مختلفی از قبیل کمبود تولید در اثر پیک بار _ اشکال در شبکه فوق توزیع و انتقال _ مانور با برنامه توزیع _ عوامل اتفاقی توزیع _ مانور با برنامه در سطح مشترکین و عوامل اتفاقی فشار ضعیف می‌باشد، در مقایسه با سایر شبکه‌های موجود در جدول شماره3 میزان خطاها و شرایط نابسامان در سطح فیدرهای 20 کیلوولت هوائی بسیار زیاد است. میزان خطاهای بالا باعث خاموشی‌های مکرر و با مدت زمان زیاد خواهد شد. همچنین از دیگر مشکلات این شبکه در سطح مشترکین، استفاده غیر مجاز از برق و مسائل مربوط به فیزیک شبکه فشار ضعیف و عملکرد بهره‌برداری می‌باشد.[8] ,[1]

6-2-1) انتخاب تابع و ساختار اتوماسیون بهمراه بررسی‌های فنی جهت اعمال آن در شبکه توزیع کرج

بدلیل وجود میزان خطای بالا و انواع مختلف اتفاقات طبیعی و محیطی در سطح شبکه توزیع برق کرج توابع عملکردی زیر برای هر سطح از شبکه در مرحله اولیه پیشنهاد می‌گردد:

- کنترل بهینه ولتاژ بهمراه متقارن نمودن بار ترانس پست‌های توزیع جهت تثبیت ولتاژ و کاهش تلفات
- کنترل کلید اتوماتیک فشار متوسط فیدرهای مانوری منتهی به پست و رفع خطا جهت کاهش انرژی توزیع نشده
- کنترل بهینه ولتاژ و توان راکتیو بوسیله کلیدزنی بانک خازنی در سطح فیدرها جهت کاهش تلفات در زمان پیک بار
- قرائت کنتور دیجیتالی بطور اتوماتیک از راه دور جهت کنترل مستقیم بار و سایر اقدامات در سطح مشترکین

حال به بررسی این توابع پیشنهادی، جهت تحلیل فنی و کنترل بهینه شبکه توزیع کرج می‌پردازیم:

با توجه به هوائی بودن اکثر پست‌ها و فیدرهای این شبکه توزیع عملاً استفاده از تابع پیشنهادی اول مردود می‌باشد. در اینجا بهتر است پست‌های مانوری از میان پست‌های زمینی و طبق شرایط انتخاب این پست‌ها ، برگزیده شوند. در این میان استفاده از تابع پیشنهادی دوم در سطح فیدرها (کنترل از طریق پست مانوری) منطقی‌تر به نظر می‌رسد. با ایجاد بانک‌های خازنی و نصب کلیه متعلقات و تجهیزات قطع کننده مربوط به آن در سطح فیدرها نیز می‌تواند تابع پیشنهادی سوم را تحقق بخشد. در سطح مشترکین نیز با نصب کنتورهای دیجیتالی تکفاز و 3 فاز از طریق سیستم AMR می‌تواند با چندین

هدف در زمینه بهره‌برداری از جمله قرائت اتوماتیک کنتور و صدور قبض _ قطع و وصل مشترکین از راه دور با نصب SRD روی کنتور پیک بار مصرف _ اجرای سیاست‌های مدیریت مصرف انرژی با نرخ گذاری در برنامه کنتور _ کاهش یا قطع سرویس مشترکین، دست یافت. بخاطر اینکه مشکلات شبکه توزیع برق کرج در زمینه بهره‌برداری در سطح مشترکین غالباً زیاد است و همینطور میزان خاموشی و انرژی توزیع نشده در شبکه فشار ضعیف آنها بالاست. به همین دلیل، اجرای تابع چهارم پیشنهادی، علاوه بر هزینه بسیار بالای آن (بخاطر وجود تجهیزات الکترونیکی کنتورها) ضروری به نظر می‌رسد.[6]

6-2-2) محاسبه سود حاصله از اعمال سیستم اتوماسیون در شبکه توزیع برق کرج

با فرض انجام بهینه سازی اولیه شبکه و اجرای طرح مکانیزاسیون برای آن به محاسبه سود حاصله از اعمال سیستم اتوماسیون توزیع که ناشی از کاهش انرژی توزیع نشده، کاهش تلفات و جلوگیری از هزینه‌های مانوری و همینطور کاهش خسارت به مشترکین است می‌پردازیم.

- **محاسبه سود حاصله از کاهش انرژی توزیع نشده در شبکه فشار متوسط توزیع کرج**

با اجرای تابع کنترل کلید فشار متوسط منتهی به پست توزیع و رفع خط در سطح فیدر (که شامل آشکارسازی خطا و تعیین نوع محل آن و عملیات جداسازی بخش معیوب، برقراری مجدد سرویس به بخش سالم شبکه، رفع خطا و بستن مجدد بریکر منتهی به فیدر می‌باشد) زمانهای قطعی به میزان 1/8 مقدار قبلی کاهش می‌یابد. انرژی توزیع نشده در سطح فیدر 20KV شبکه توزیع کرج در طول یکسال 2265.6 مگاوات ساعت می‌باشد. با اعمال اتوماسیون از طریق تابع مذکور، زمانهای قطعی کاهش یافته و 7/8 مقدار انرژی توزیع نشده تبدیل به انرژی تحویلی و در نتیجه فروش آن خواهد شد. همچنین اگر در اثر اعمال اتوماسیون، انرژی توزیع نشده ناشی از تعمیرات و قطعی های با برنامه در سطح فشار متوسط، به میزان50 درصد (بدبینانه) کاهش یابد، این مقدار انرژی توزیع نشده در طی مدت 15 سال به ازای هر کیلووات ساعت 400 ریال دارای سود فروش زیر خواهد شد:

$$B_1 = (2265.6\times7/8\times1000\times15\times400)+(1543.3\times1/2\times1000\times15\times400)=16.524.300.000 \text{ ریال}$$

- **محاسبه سود حاصله از کاهش کمبود تولید و کنترل مستقیم بار مشترکین**

با اجرای تابع قرائت کنتور از راه دور یا روش AMR و در نتیجه کنترل مستقیم بار که سبب کاهش بار در خلال دوره پیک تقاضا می‌شود، انرژی توزیع نشده به سبب کمبود تولید به میزان 70٪ کاهش می‌یابد. در نتیجه این مقدار انرژی توزیع نشده به انرژی تحویلی و در نتیجه ایجاد سود حاصل از فروش آن خواهد شد. همچنین اگر در اثر اعمال اتوماسیون، انرژی توزیع نشده ناشی از تعمیرات و قطعی های با برنامه و بدون برنامه به میزان75 درصد کاهش یابد، با توجه به جدول شماره3 در بخش کمبود تولید شبکه کرج، این مقدار برای 15 سال به ازای هر کیلووات ساعت 400 ریال دارای سود زیر خواهد شد:

$$B_2 =(1012.4\times7/10\times1000\times15\times400)+[(540+39.8)\times3/4\times1000\times15\times400]=7.654.980.000 \text{ ریال}$$

- **سود حاصله از کاهش میزان تلفات در شبکه توزیع کرج**

با توجه به جدول شماره1 و میزان بالای تلفات در شبکه توزیع برق کرج، مقداری از این تلفات مربوط به فرسودگی، عدم طراحی صحیح و میزان رشد غلط فیدرها، افت ولتاژ شدید بعلت عدم تعادل بار در زمان پیک و مسائل مربوط به فیزیک شبکه است. به فرض کاهش تلفات به میزان30٪ با انجام مکانیزاسیون و اقدامات اصلاحی شبکه (بهینه سازی)، با اعمال اتوماسیون توزیع از طریق تابع کلیدزنی بانکهای خازنی (کنترل بهینه توان راکتیو و ولتاژ شبکه) فقط 20٪ تلفات شبکه مذکور کاهش یابد (بطور بدبینانه)، داریم:

$$B_3 =415740\times1/5\times1000\times15\times400=498.888.000.000 \text{ ریال}$$

با فرض ثابت ماندن تلفات شبکه در طول مدت 15 سال عمر پروژه و باقی ماندن 50٪ از این مقدار تلفات در سطح شبکه، مقدار سود حاصل به ازای هر کیلو وات ساعت 400 ریال محاسبه گردیده است.

- **سود حاصله از کاهش کار نیروی انسانی (قرائت کنتور و مانور)**

قسمتی از سود این بخش معطوف به قرائت کنتورهای عادی هر مشترک در سطح شبکه توزیع کرج می‌باشد و سالانه 6 بار صورت می‌پذیرد. با فرض افزایش پنج درصدی تعداد مشترکین در این سطح داریم:

$$B_4 =689597\times380\times6\times15\times1.05 = 24.763.428.270 \text{ ریال}$$

بخش دیگری از این سود متعلق به هزینه انجام مانور در پی عملیات خطایابی و بازیابی سرویس و کلید زنی‌های پی‌درپی بوسیله اپراتور تعمیرات می‌باشد. با توجه به میزان خطای کل شبکه کرج در سال 81 در حدود 500 خطا، که از این تعداد خطا، طبق آمار شرکت توزیع کرج فقط 100 تای آن احتیاج به مانور داشته و بقیه خود از شبکه رفع شده باشند، می‌توانیم با توجه به طول مدت عمر پروژه، بطور خوشبینانه فرض نمائیم که میزان خطا ثابت بماند. در طی مدت 15 سال و با فرض زمان هر کلید زنی 2 ساعت داریم:

$$B_5 =100\times120.000\times2\times15= 360.000.000 \text{ ریال}$$

به سودهای محاسبه شده در پنج مورد قبلیB_6 و B_7 که به ترتیب ارزش اسقاطی تجهیزات اتومایزه و غیر اتومایزه میباشند، پس از برآورد هزینه ها، اضافه خواهند شد.

6-2-3) برآورد هزینه جهت اعمال اتوماسیون در شبکه‌های توزیع برق کرج

- صورت هزینه‌های اجباری جهت اعمال اتوماسیون در سه سطح مختلف شبکه توزیع کرج به قرار زیر است:

- **هزینه های مربوط به خرید، نصب و راه اندازی تجهیزات اتومایزه پستهای توزیع**

- با توجه به تعداد 230 پست مانوری از میان حدوداً 1740 پست توزیع موجود در شبکه توزیع کرج و با فرض اینکه در هر پست بطور میانگین

3.5 دژنکتور موتوردار بهمراه متعلقات جانبی مورد نیاز باشد و همینطور با توجه به استعلام قیمت تجهیزات ذکر شده در بند (1-1-6) هزینه زیر را داریم:

$$C_1 = 230 \times 3.5 \times 54.000.000 = 43.470.000.000 \text{ ریال}$$

با توجه به تعداد 230 پست توزیع مانوری، جهت خرید، نصب و راه‌اندازی RTU و باطری- باطری شارژر در آنها، هزینه زیر را داریم:

$$C_2 = 230 \times 14.000.000 = 3.220.000.00 \text{ ریال}$$

$$C_3 = 230 \times 6.000.000 = 1.380.000.000 \text{ ریال}$$

- **هزینه های مربوط به خرید، نصب و راه اندازی تجهیزات اتومایزه مراکز کنترل اتوماسیون**

هزینه مربوط به ایجاد یک مرکز اصلی بعنوان مرکز کنترل اتوماسیون و 6 مرکز فرعی دیگر برای کنترل تجهیزات سیستم اتوماسیون در شبکه توزیع کرج داریم:

$$C_4 = 6.000.000.000 + (6 \times 1.500.000.000) = 1.5 \times 10^{10} \text{ ریال}$$

- **هزینه های مربوط به خرید، نصب و راه اندازی تجهیزات سیستم مخابراتی اتوماسیون**

هزینه سیستم مخابراتی، با توجه به سطح هموار گونه و ویلائی بافت شهری شبکه توزیع کرج، که سیستم رادیوئی رادیومدم – طیف گسترده برای آن پیشنهاد می‌گردد با نصب متعلقات برای 230 پست مانوری داریم:

$$C_5 = 230 \times 30.000.000 = 6.9 \times 10^{9} \text{ ریال}$$

- **هزینه‌های مربوط به ایجاد بانکهای خازنی و کنترل بهینه ولتاژ در سطح فیدر یا پست**

هزینه متوسط بخشی از این تابع بطور مشترک در تجهیزات فشار قوی تابع اول لحاظ شده است، فقط هزینه متوسط خرید – نصب و راه‌اندازی هر کیلووار خازن بهمراه تجهیزات جانبی آن جهت نصب در پست یا فیدر از قرار 500.000 ریال می‌باشد که با توجه به نیاز 55 کیلووار خازن بطور متوسط برای طرح اتوماسیون هر پست داریم:

$$C_6 = 230 \times 55 \times 500.000 = 6.325.000.000 \text{ ریال}$$

هزینه‌های مربوط به بانک‌های خازنی در اجرای طرح بهینه‌سازی و پروژه مکانیزاسیون شبکه باید لحاظ گردد، چون این المان مربوط به تجهیزات ضروری و خاص اتوماسیون میباشد، از اینرو هزینه بخشی از اینها در این محاسبات منظور میگردد.

- **هزینه‌های مربوط به خرید و نصب کنتورهای دیجیتالی چند تعرفه برای مشترکین**

این هزینه‌ها در نصب کنتورهای تکفاز و 3فاز و متعلقات جانبی آنها برای تمام مشترکین خلاصه میگردد. با توجه به تعداد زیاد مورد نیاز این کنتورها برحسب درصد و نوع مصرف شبکه فشار ضعیف و استعلام قیمت در بند (1-1-6) داریم:

$$C_7 = (468925 \times \times 0/7) + (220672 \times 1.265.000 \times 0/6) = 2.23 \times 10^{11} \text{ ریال } 171.600$$

- **هزینه مربوط به تعمیر و نگهداری و جمع آوری دیتا از پستها و پایانه های راه دور**

این هزینه ها شامل هزینه کار نیروی انسانی جهت جمع آوری دیتا از پست های توزیع، و همینطور 1٪ ارزش کل تجهیزات اولیه به عنوان هزینه تعمیر و نگهداری سالیانه سیستم اتوماسیون میباشد.

$$C_8 = (230 \times 100.000 \times 15) + \times 15 \times (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7) = 4.5 \times 10^{10} \text{ ریال } 0.01$$

- **برآورد هزینه های مربوط به طرح توسعه شبکه اتومایزه در طول عمر پروژه**

– با توجه به 5.5 کیلومتر طول فیدر طرح توسعه سالانه و قیمت ذکر شده در بند (1-1-6) داریم:

$$C_9 = (5.5 \times 1000 \times 15 \times 310.000) = 25.575.000.000 \text{ ریال}$$

- **ارزش اسقاطی تجهیزات غیر اتومایزه قبل از اجرای طرح اتوماسیون بعنوان سود حاصله**

1/10مقدار هزینه صرف شده جهت خرید – نصب و راه‌اندازی تجهیزات و دستگاهها، قبل از اجرای پروژه بعنوان بخشی از سود حاصله از اتوماسیون (به مزایده گذاشته) محسوب می‌گردد.

$$B_6 = 0.1 \times (C_1 + C_7) = 4.979.500.000 \text{ ریال}$$

- **ارزش اسقاطی تجهیزات اتومایزه پس از پایان عمر پروژه بعنوان سود حاصله**

1/6مقدار هزینه صرف شده جهت خرید – نصب و راه‌اندازی تجهیزات و دستگاهها، سیستم مخابراتی و مراکز کنترل اتوماسیون بعد از اجرای پروژه بعنوان بخشی از سود حاصله از اتوماسیون (به مزایده گذاشته)، محسوب شده که برای هر تابع عملکردی در سطوح مختلف شبکه بصورت زیر محاسبه میگردد:

1) برای تابع کنترل کلید فیدر فشار متوسط منتهی به پست و رفع خطا

$$B_7 = 1/6 \times (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5) = 11.661.666.667 \text{ ریال}$$

2) برای تابع کنترل بهینه ولتاژ و توان راکتیو شبکه

$$B_8 = 1/6 \times (C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6) = 5.470.833.333 \text{ ریال}$$

3) برای تابع ترکیبی اول و دوم

$$B_9 = 1/6 \times (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6) = 12.715.833.333 \text{ ریال}$$

4) برای تابع قرائت کنتور مشترکین از راه دور و کنترل مستقیم بار شبکه

$$B_{10} = 1/6\times(C_2+C_3+C_4+C_5+C_7) = 41.719.553.167 \text{ ریال}$$

5) برای تابع ترکیبی اول و دوم و چهارم

$$B_{11} = 1/6\times(C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+C_6+C_7) = 48.964.553.167 \text{ ریال}$$

4-2-6) انجام محاسبات سود به هزینه در حالات و گزینه‌های مختلف توابع عملکردی و ارائه نتایج تحلیل آن

با محاسبه سود حاصله و برآورد هزینه‌ها جهت اعمال سیستم اتوماسیون در شبکه توزیع برق کرج، به محاسبه $\frac{B}{C}$ پنج تابع پیشنهادی میپردازیم:

الف-4-2-6) تابع کنترل کلید فیدر فشار متوسط منتهی به پست و رفع خطا

با در نظر گرفتن سود حاصله و برآورد هزینه این تابع عملکردی داریم:

$$A1 = (B_1+B_5+B_6+B_7)/(C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+C_8+C_9) = 0.23$$

همانطور که ملاحظه میگردد، ضریب بهره یا ($\frac{B}{C}$) این تابع عملکردی کوچکتر از یک میباشد. در نتیجه اعمال اتوماسیون، از طریق این تابع توجیه اقتصادی نداشته و مقرون به صرفه نمیباشد.

ب-4-2-6) تابع کنترل بهینه ولتاژ و توان راکتیو شبکه

با در نظر گرفتن سود حاصله و برآورد هزینه این تابع عملکردی داریم:

$$A2 = (B_3+B_6+B_8)/(C_6+C_2+C_3+C_4+C_5+C_8+C_9) = 4.9$$

همانطور که ملاحظه میگردد، ضریب بهره یا ($\frac{B}{C}$) این تابع عملکردی از یک خیلی بزرگتر میباشد. در نتیجه اعمال اتوماسیون، از طریق این طرح توجیه اقتصادی داشته و پروژه پس از گذشت زمان حدوداً دو سال به سوددهی میرسد. از آنجا که میزان سوددهی این تابع عملکردی بسیار زیاد است، میتوان آن را با توابع غیر اقتصادی (ولی از نظر فنی و نیاز شبکه ضروری) مانند تابع عملکردی اول ترکیب نمود.

ج-4-2-6) تابع قرائت کنتور مشترکین از راه دور و کنترل مستقیم بار

با در نظر گرفتن سود حاصله و برآورد هزینه این تابع عملکردی داریم:

$$A3 = (B_2+B_4+B_6+B_{10})/(C_2+C_3+C_4+C_5+C_7+C_8) = 0.267$$

همانطور که ملاحظه میگردد، ضریب بهره یا ($\frac{B}{C}$) این تابع عملکردی کوچکتر از یک میباشد. در نتیجه اعمال اتوماسیون، از طریق این تابع توجیه اقتصادی نداشته و طرح موجود هیچگاه به سوددهی نمیرسد. بالا رفتن هزینه پروژه بعلت گران بودن تجهیزات الکترونیکی بکار رفته در کنتورهای دیجیتالی توجیه اقتصادی طرح را از بین برده است.

د-4-2-6) تابع ترکیبی اول و دوم

با در نظر گرفتن سود حاصله و برآورد هزینه این تابع عملکردی داریم:

$$A4 = (B_1+B_3+B_5+B_6+B_9)/(C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+C_6+C_8+C_9) = 3.62$$

همانطور که ملاحظه میگردد، ضریب بهره یا ($\frac{B}{C}$) این تابع عملکردی از یک خیلی بزرگتر میباشد. در نتیجه اعمال اتوماسیون، از طریق این طرح توجیه اقتصادی داشته و پروژه پس از گذشت زمان حدوداً سه سال به سوددهی میرسد. از آنجا که میزان سوددهی این تابع ترکیبی نیز بسیار زیاد است، میتوان آن را با توابع غیر اقتصادی (ولی از نظر فنی و نیاز شبکه ضروری) مانند تابع عملکردی سوم ترکیب نمود.

ه-4-2-6) تابع ترکیبی اول و دوم و سوم

با در نظر گرفتن سود حاصله و برآورد هزینه این تابع عملکردی داریم:

$$B_1+B_2+B_3+B_4+B_5+B_6+B_{11})/(C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+C_6+C_7+C_8+C_9) = 1.62$$

A5=(

همانطور که ملاحظه میگردد، ضریب بهره یا ($\frac{B}{C}$) این تابع عملکردی از یک بزرگتر میباشد. در نتیجه اعمال اتوماسیون، از طریق این طرح توجیه اقتصادی داشته و پروژه پس از گذشت زمان حدوداً 8 سال به سوددهی میرسد. در اینجا ملاحظه میگردد که میزان سوددهی این تابع ترکیبی کمتر از توابع دوم و چهارم است. در حقیقت توجیه اقتصادی این طرح بواسطه وجود تابع عملکردی سوم پائین آمده است. ولی از مزایای این طرح، اعمال اتوماسیون در سه سطح مختلف شبکه است.[1]

3-6) انجام محاسبات سود به هزینه در حالات مختلف توابع عملکردی با در نظر گرفتن تورم اقتصادی(آنالیز حساسیت)

با توجه به نتایج محاسبات ملاحظه میگردد که تورم اقتصادی اثر بسیار ناچیزی در نتایج تحلیل و امکان سنجی اعمال اتوماسیون در شبکه توزیع برق کرج داشته و در توابع دوم و چهارم زمان سوددهی را تا دو ماه کاهش میدهد. دلیل آنهم اثر مستقیم و تقریباً یکسان تورم و ضرائب حساس اقتصادی بر محاسبات سود و هزینه اتوماسیون میباشد. در نتیجه نتایج اقتصادی اعمال اتوماسیون در شبکه های توزیع ایران مستقل از تورم اقتصادی عمل خواهد کرد.[6],[1]

7) ارائه نتایج حاصل از انجام مطالعات و تحلیل اقتصادی روشهای عملکردی اتوماسیون در چهار منطقه واقعی دیگر

این مطالعات برای چهار شبکه توزیع تهران بر اساس جدول شماره2 و برحسب نیاز به اولویت انجام شده است. نتایج این محاسبات در جدول شماره4 آمده است. با مقایسه نتایج جدول مذکور و الویت نیاز در جدول شماره2 مشخص میگردد که میزان سوددهی طرح هائی که شبکه آنها از اولویت کمتری جهت اعمال اتوماسیون برخوردار بوده اند، بیشتر بوده است. البته این نتیجه مربوط به تابع ترکیبی سه گانه میباشد که در تمامی شبکه ها اجرای طرح اتوماسیون از

طریق آن دارای توجیه اقتصادی است. در این شبکه ها طرح اتوماسیون از طریق توابع اول و سوم مردود بوده و فاقد توجیه اقتصادی است. از دیگر نتایج مهم در مطالعات امکان سنجی در شبکه های توزیع برق شمالشرق، جنوبغرب، شمالغرب، کرج و جنوبشرق که بر اساس میزان سوددهی ردیف شده اند، میتوان به سوددهی بالای تابع دوم یا کنترل بهینه ولتاژ و توان راکتیو اشاره نمود که نشان دهنده نیاز این شبکه ها به اعمال اتوماسیون و جلوگیری از بین رفتن سرمایه از این طریق میباشد.[9],[8],[1]

8) نتیجه گیری کلی

تحلیل فنی و اقتصادی حاضر در قالب فلوچارت فصل چهارم، روشی مطمئن جهت انتخاب تابع عملکردی مناسب با در نظر گرفتن تمامی جزئیات و ضرائب موثر اقتصادی اتوماسیون می‌باشد. در ضمن این فلوچارت نرم افزاری معرفی شده علاوه بر ارتباطات منطقی بین بلوک‌ها دارای دو فیدبک منفی از نتایج فنی و اقتصادی بسوی تغییر تابع عملکردی اتوماسیون دارد که باعث بالا رفتن دقت در روش تحلیل و همینطور پایداری سیستم محاسباتی شده است.

روش تحلیل در این مطالعات $\frac{B}{C}$ بوده که بر اساس آن نتایج مهمی از تحلیل حاصل گردید. پس از محاسبه سود حاصل و برآورد هزینه اجرای اتوماسیون توزیع در شبکه‌ای مفروض، هر چقدر $\frac{B}{C}$ بیشتر از یک باشد، میزان سوددهی پروژه در قالب طرح ارائه شده بیشتر و عمرمفید پروژه کمتر خواهد بود. (همانطور که می‌دانیم عمر مفید پروژه تعداد سالهائی است که طرح به سوددهی خواهد رسید.) در بعضی پروژه‌ها، اهداف بهره‌بردار نه تنها اعمال موفق اتوماسیون از لحاظ فنی، بلکه میزان سوددهی بالا می‌باشد. از اینرو در بعضی طراحی‌ها از طرف کارفرما، کاهش عمر مفید پروژه پیشنهاد می‌گردد. از نتایج انجام مطالعات سود به هزینه برای شبکه‌های مختلف در محاسبه عمر مفید پروژه داریم:

نتایج حاصله از انجام تحلیل سود به هزینه در قالب دو رابطه مذکور نشان دهنده تناسب تابع به هزینه با معکوس عمر مفید پروژه حکایت دارد. در آن روابط y عمر مفید پروژه، Y طول عمر پروژه می‌باشد. با بالا بردن سود حاصله از طریق سودهای کیفی و در نظر گرفتن میزان رشد قیمت و نرخ تورم و همینطور به حداقل رساندن هزینه‌ها می‌توان سالهای عمر مفید پروژه را کاهش داده و ضریب بهره اتوماسیون را افزایش داد. از سودهای کیفی در طرح اتوماسیون توزیع می‌توان به کاهش خسارت به مشترکین، توسعه طرح بوسیله پارامترهای موجود و در دسترس شبکه و افزایش طول عمر تجهیزات اشاره نمود. با فرض اینکه نسبت $\frac{B}{C}$ طرح اتوماسیون در یک شبکه مفروض بزرگتر از عدد 1 باشد داریم:

$$A_{cc} > A_c > A_w$$

$\frac{B_1}{C} = A_w$ بدون در نظر گرفتن سود کیفی و نرخ اقتصادی

$\frac{B_2}{C} = A_c$ با در نظر گرفتن هزینه خسارت به مشترکین

$\frac{B_3}{C} = A_{cc}$ با در نظر گرفتن هزینه خسارت به مشترکین و نرخ اقتصادی

در بعضی از مطالعات اولیه امکان سنجی در اجرای طرح اتوماسیون مقدار A_{CC} ممکن است به عدد 15 نیز برسد. مقدار A_W در هر طرح اتوماسیون قابل قبول، باید لااقل بزرگتر از 1 باشد. ولی در طرحهای خاص اتوماسیون مقدار A_C ممکن است بین 5 تا 10 متغیر باشد.[1]

8-1) فیدر و پست

اتوماسیون توزیع در سطح پست و فیدر در بیشتر شبکه‌ها با توجیه اقتصادی همراه است. چون بیشتر دغدغه‌های بهره‌بردار در این شبکه‌ها منوط به ارائه متداوم و با کیفیت سرویس به مصرف کنندگان یا مشترکین می‌باشد، نقش اتوماسیون پست یا فیدر در این میان اساسی است. با توجه به ساختار شبکه‌های توزیع برق در ایران و عدم وجود تجهیزات قطع کننده در فیدرهای پست هوائی، اتوماسیون در سطح پست با اتوماسیون در سطح فیدر می‌تواند دارای یک عملکرد و همسوی هم باشند. توابعی مانند کنترل کلید فشار متوسط و رفع خطا، کنترل بهینه ولتاژ و توان راکتیو، متعادل نمودن بار شبکه از طریق ترانس پست، روشهائی هستند که در شبکه‌های توزیع ایران می‌توانند روی آنها مانور انجام داد. البته هر یک از آنها در راستای نیاز هر شبکه بصورت منفرد یا ترکیبی جهت اعمال اتوماسیون بکار می‌روند. وجود خطاهای زیاد و قطعی‌های بدون برنامه، تلفات زیاد و نوسانات ولتاژ و هزینه‌های گزاف بهره‌برداری در شبکه‌های توزیع برق ایران از جمله مهم‌ترین مشکلات و معضلاتی است که بعلت مسائل فرهنگی _ اجتماعی و فنی هر منطقه بخصوص تهران با آن روبروست. با انجام امکان سنجی اعمال اتوماسیون توزیع در سطح شبکه‌های برق تهران مشخص شده است که هر قدر میزان مشکلات موجود در شبکه‌ای بیشتر بوده و نسبت انرژی توزیع نشده و تلفات به وسعت شبکه دارای مقدار بیشتری باشد، اجرای اتوماسیون در آن شبکه سخت‌تر ولی سوددهی پروژه بیشتر خواهد بود. از میان توابع مذکور در جهت اعمال اتوماسیون توزیع در سطح شبکه‌ها، کنترل کلید (دژنکتور موتوردار) فیدر 20KV منتهی به پست که دارای مراحل مختلف مانوری است بهمراه کنترل ولتاژ _ وار_ دارای بیشترین اثر در عملکرد بهینه اتوماسیون و میزان سوددهی طرح را دارد. از مزایای استفاده طرح در قالب ترکیب دو تابع، پایئن آمدن هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه اتوماسیون بخاطر وجود سیستم کنترلی آنها در پست‌های توزیع مانوری می‌باشد. در ضمن انتخاب صحیح و بهینه پست‌های مانوری طی بررسی شبکه‌های توزیع در امکان‌سنجی به نوبه خود می‌تواند راندمان عملکرد سیستم اتوماسیون را بالا برده و به اهداف مانور سرعت بخشد. البته جهت اعمال اتوماسیون در سطح فیدر و بکارگیری توابع عملکردی و انجام مانور در این سطح، حتماً از تجهیزات قطع کننده (مانندSectionalizer) و متعلقات جانبی آنها، بصورت جایابی بهینه استفاده گردد.

8-2) مشترکین

پیاده سازی اتوماسیون توزیع در سطح مشترکین شبکه بطور کلی فاقد توجیه اقتصادی است. بعلاوه این طرح هنوز در شرکت‌های توزیع بهره‌بردار ایران جانیفتاده است. بدلیل گران قیمت بودن تجهیزات الکترونیکی مورد نیاز در ساخت کنتورهای دیجیتالی و همینطور متعلقات جانبی آنها جهت کنترل بار، بهتر است از این طرح فقط در موارد خاص استفاده شود. این موارد خاص ممکن است یکی از حالات زیر باشد:

- مشکلات و معضلات زیاد از قبیل برق دزدی، عدم پیروی از سیاست‌های مصرف انرژی، عدم طراحی صحیح و رشد بی‌رویه فیدرهای فشار ضعیف در سطح مشترکین شبکه‌ها.
- استفاده در شبکه برق کارخانه‌های بزرگ، شهرها و روستاهای کوچک با جمعیت متمرکز و سیستم‌های صنعتی مهم.
- بکارگیری آنها بصورت ترکیبی با توابع عملکردی در سطح اتوماسیون پست و فیدر شبکه‌ای که نیاز به اتوماسیون سطح مشترکین در آن احساس می‌گردد.
- استفاده از روش ارتباطی نوین PS-TCP/IP بعنوان سیستم مخابراتی مخصوص تابع عملکردی AMR یا قرائت کنتور از راه دور، می‌تواند هزینه‌های بخش مخابراتی اتوماسیون مشترکین را کاهش داده و عملکرد آن را بهبود بخشد.

– در مورد بکارگیری فن‌آوری نوین سیستم AMR با اعمال مدیریت مصرف انرژی می‌توان گفت که این طرح بمنظور بهینه نمودن انرژی مصرفی مشترکین خانگی، تجاری و عمومی و کاهش هزینه‌های مصرفی آنها، بهینه سازی برق مصرفی شبکه‌های فشار ضعیف، کاهش سرمایه‌گذاری شرکت‌های توزیع از جهت به تعویق انداختن احداث نیروگاههای جدید در کشور، شناسائی و کنترل تلفات شبکه و انشعابات غیر مجاز، بهبود ضریب بار شبکه و همچنین افزایش ضریب بهره‌برداری شبکه‌های توزیع در آینده اتوماسیون مشترکین، نقش اساسی را ایفاء می‌نماید.

8-3) مخابرات

با توجه به پارامترهای ارزیابی شبکه از قبیل اهمیت، امنیت و ساختار، انتخاب یک روش مخابراتی مناسب جهت اجرای اتوماسیون توزیع بستگی به وسعت ناحیه تحت پوشش، تعداد مراکز کنترل، تعداد مشترکین و امکانات مخابراتی _ ارتباطی موجود و قابل تهیه در ایران دارد. استفاده از قابلیت سیستم رادیوئی رادیو طیف گسترده که به تازگی در شبکه مخابراتی اتوماسیون توزیع ایران مرسوم شده است، می‌تواند انتخابی مناسب باشد. ولی استفاده از این روش در شبکه توزیع شهرهای با ساختمان سازه‌های بلند و ارتفاع زیاد، هم راندمان و عملکرد فنی سیستم مخابراتی اتوماسیون را پائین می‌آورد و هم توجیه اقتصادی آنرا کاهش می‌دهد. از اینرو پیشنهاد می‌گردد که این روش جهت عملکرد بهتر و بهینه سیستم مخابراتی اتوماسیون با روشهای متداول دیگر از جمله فیبرنوری در شبکه‌های مذکور ترکیب گردد. استفاده ترکیبی تابع طیف گسترده با روش ارتباطی فیبرنوری در اتوماسیون شبکه‌های توزیع شمالغرب و شمالشرق تهران پیشنهاد میگردد. در بقیه شبکه ها استفاده از روش رادیو مدم – طیف گسترده بصورت منفرد بعنوان سیستم مخابراتی اتوماسیون جوابگو خواهد بود.

برخی از روشهای مخابراتی علیرغم گرانی و بالا بودن هزینه‌های نصب و راه‌اندازی، دارای عملکردی سریع و مطمئن، امنیتی زیاد و قابلیت اطمینان بالا می‌باشند. روش VSAT یا GPS روش ارتباطی فیبرنوری و سیستم آدرس دهی چندگانه و ... از این جمله هستند. بعضی شبکه‌های خاص دولتی، صنعتی مهم، استراتژیک و بیمارستانی مجهز به این سیستم‌ها می‌باشند. پیشنهادی که در این زمینه جهت استفاده سایر شبکه‌های توزیع از این روش نوین می‌توان داد آن است که بصورت چند منظوره و با اهداف مختلف از آنها بهره گرفت. با مقایسه روشهای موجود مخابراتی در اجرای طرح اتوماسیون می توان دریافت که بکارگیری روش خطوط و کابل های اختصاصی در شبکه های توزیع برق بخصوص در ایران توجیه فنی و اقتصادی ندارد. همینطور درجه انتخاب روشDLC، ضعیف میباشد. در مقابل استفاده از سیستم های رادیوئی بعنوان شبکه ارتباطی، هم در ایران و هم در بسیاری از کشورهای دیگر، پاسخگوی اهداف و نیازهای اتوماسیون بوده است. از میان سیستم های رادیوئی، روش رادیو مدم- طیف گسترده دارای قابلیت های بیشتری بوده و بواسطه خواص عملکردیش (ارسال امواج از طریق فرکانس های کم تردد و خالی) مورد توجه شرکت های توزیع قرار گرفته است. ارتباط از طریق فیبرهای نوری علیرغم هزینه بالای اولیه، با شرط استفاده چند منظوره، بعنوان یکی از گزینه های مطلوب مطرح میباشد.VSAT از دیگر روشهائی است که میتواند در ترکیب با روشهای فوق در اعمال اتوماسیون موثر واقع شود. از دیگر راههای ارتباطی نوین اتوماسیون در شبکه توزیع میتوان به روشBS-TCP/IP اشاره نمود که از توابع مهم مخابراتی در سطح مشترکین محسوب میگردد. این روش در راستای اجرای طرح اتوماسیون در سطح مشترکین و مصرف کنندگان نهائی از طریق تابع قرائت کنتور و کنترل مستقیم بار بسیار موثر است. این روش علیرغم دارا بودن توجیه فنی و اقتصادی، هنوز در شبکه های توزیع برق ایران بکار گرفته نشده است. ارتباط این تابع از طریق شبکه جهانی اینترنت میباشد.

9) منابع و مراجع

1) پروژه کارشناسی ارشد"مطالعات امکان سنجی اعمال سیستم اتوماسیون در شبکه های توزیع برق ایران"دانشکده تحصیلات تکمیلی دانشگاه آزاد – واحد تهران جنوب مهرماه82 ـ فرشید هدایت
2) "بررسی مقدماتی نیازهای اتوماسیون شبکه توزیع برق"، مرکز تحقیقات نیرو تهران _ مردادماه 1375
3) "مرحله‌بندی و عملیات لازم برای سیستم اتوماسیون شبکه توزیع برق"، مرکز تحقیقات نیرو تهران _ آبانماه 1375
4) "انواع محیط‌های مخابراتی و اتوماسیون شبکه توزیع برق"، مرکز تحقیقات نیرو تهران _ تیرماه 1376
5) مقاله "زیر ساخت جامع مخابراتی اتوماسیون شبکه توزیع با استفاده از روش PS-TCP/IP" علیرضا فریدونیان / گروه مهندسی برق و کامپیوتر دانشکده فنی – دانشگاه تهران شرکت کننده در هشتمین کنفرانس توزیع نیروی برق 1382
6) گزارش "مطالعات امکان سنجی طرح اتوماسیون کنترل از راه دور پست‌های توزیع" جلد اول مهندسین مشاور مونتکو ایران – آبان ماه 79
7) "بررسی سیستم‌های دیسپاچینگ توزیع پژوهشگاه نیرو" (معاونت آموزشی) _ دیماه 81
8) "مجموعه شاخص‌ها و نرخ انرژی‌های توزیع نشده شرکت‌های توزیع برق تهران در سال 81" (مرکز اسناد برق تهران)
9) "مجموعه اطلاعات بهره‌برداری و پارامتری شرکت توزیع شمالغرب تهران در سال 80 و 9 ماه اول سال 81 " (مرکز اسناد شرکت توزیع شمالغرب _ دیسپاچینگ)

10) CIGRE Study Committee 34**, "The Automation of New and Existing Substations: Why & How",** CIGRE. 2001

11) SIEMENS POWER ENGINEERING GUIDE, Distribution Network Control Systems, 2000

12) Watson. B. Paper Reyrolle Protection, **"Benefits of Distribution Automation & Performance Results From a Network Trial."** IEE CIRED Conference, 1997.

13) Dan Liberman, **"Cost-Benefits Resulting From Use Of Integrated Communication for DA"**, MOTOROLA, 1995.

14) M.E. Whiteman, **"Application of DA & Demand Side Management In AMR Systems"**, IEE CIRED Conference, 1996.

15) ABB Catalouge, **"Substation Automation System & Industrial (For Substation Automation)"**, 2000.