ارزیابی فنی و اقتصادی اتوماسیون شبکه های توزیع برق

علیرضا کشانی ar_keshani@yahoo.com
کیان الیاسی بختیاری Kian242@yahoo.com
شرکت توزیع برق شهرستان اصفهان

واژه های کلیدی: اتوماسیون،شبکه توزیع،آنالیز اقتصادی

چکیده

رشد روز افزون جمعیت شهری و به تبع آن، گسترش بیش از پیش مناطق شهری توزیع انرژی الکتریکی را با اهمیت تر و به همان نسبت مشکل تر ساخته است.تداوم انرژی رسانی و کیفیت مطلوب انرژی تحویلی در مناطق شهری با تراکم بار بالا با دشواریهای خاص خود روبروست،که در این میان شرکت توزیع برق شهرستان اصفهان با پوشش حدود ۱٤۰۰۰ کیلومتر مربع و دارابودن بیش از ٦۰۰۰۰۰مشترک نیز از این قاعده مستثنا نیست.در این میان نیز وضعیت خاص شهرستان اصفهان را باید اضافه نمود که علاوه بر این که قطب گردشگری کشور می باشد دارای اهمیت سیاسی،اقتصادی،فرهنگی و نظامی...بالایی نیز هست.تمام این مسائل و نکات،تدابیر و راهکارهای پیشرفته را جهت برونشو از معضلات مبتلابه نظام توزیع طلب می کند.مهندسی توزیع روشهایی را برای حل مشکلات و افزایش بهره وری پیشنهاد می کند که در این میان بحث اتوماسیون با توجه به برخورداری از فن آوری مدرن و به روز جایگاه خاصی را در سیستم مدیریت توزیع(Distribution Management System) داراست.به همین سبب پروژۀ اتوماسیون شبکه به عنوان روشی برای مقابله با مشکلات پیشنهاد شد.

تاریخچه

با توجه به جدید بودن مبحث اتوماسیون در سیستم توزیع،این شرکت جهت شناخت اولیه و نیز ایجاد یک تجربۀ ابتدایی اقدام به اجرای طرح مانیتورینگ در ۵ ایستگاه زمینی به شکل پایلوت با استفاده از سیستم ارتباطی خط تلفن معمولی نمود،پس از انجام مراحل فوق این شرکت به این نتیجه رسید که قبل از صرف هزینه های گزاف جهت اتوماسیون نیاز به بکارگیری مشاوری مقتدر جهت بررسی کارشناسی امکان سنجی اتوماسیون و انتقال اطلاعات روز دنیا به کارشناسان توزیع می باشد.به همین منظور طرح امکان سنجی شبکه توزیع شهرستان اصفهان به مناقصه گذاشته شد و شرکت مونتکوایران به عنوان مشاور طرح امکان سنجی شبکه را شروع و پس از بررسیهای فنی و اقتصادی،تعداد ۲۰۰ پست شامل ۱۵۰ پست هوایی و ۵۰ پست زمینی به عنوان تعداد بهینه جهت اجرای اتوماسیون پیشنهاد نمود.این تعداد به این معناست که انجام اتوماسیون در این۲۰۰ نقطه،اقتصادی و سودآور می باشد.با اتوماسیون تعداد ۲۰۰پست زمینی و هوایی قابلیت اطمینان سیستم به طور قابل ملاحظه ای افزایش خواهد یافت.در طرح امکان سنجی این نکته مشخص شد که لازم نیست تمام پستهای شبکه توزیع شهرستان اصفهان تحت پوشش اتوماسیون قرار گیرند و تقریباً روی هر فیدر انتخاب یک پست مقرون به صرفه می باشد.بنابر این می توان نتیجه گرفت که در نهایت با انتخاب این تعداد نقطه هزینه های اتوماسیون تا میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت و به این ترتیب انجام اتوماسیون عملی تر خواهد گشت.

اهداف و جنبه های اقتصادی اتوماسیون شبکه توزیع

در این بخش ابتدا به بررسی اهداف کلی اتوماسیون شبکه توزیه پرداخته،سپس ویژگیهای شرکتهای توزیع که امکان کسب بیشترین سود از اتوماسیون شبکه توزیع را دارند بررسی خواهیم کرد.

شرح	واحد	مقدار
طول شبکه فشارمتوسط هوائی	کیلومتر	۲۸۰۰
طول شبکه فشارمتوسط زمینی	کیلومتر	٤۲۰
ظرفیت منصوبهٔ توزیع	کیلوولت آمپر	۱,۳۰۰,۰۰۰
تعداد کل مشترکین	مشترک	٦۰۱٦٤۱
تعداد فیدر۲۰کیلوولت	فیدر	۱۹۲

آمار عملکرد شرکت در سال ۱۳۸۲

شرح	واحد	مقدار
احداث شبکه فشار متوسط هوایی	کیلومتر	۱٦۰
احداث شبکه فشار متوسط زمینی	کیلومتر	٤۰
فروش انرژی	کیلووات ساعت	۳,۰۳٥,۹۱٥,٤۳۲
انرژی تحویلی	کیلووات ساعت	۳,٤۸٦,۸۹۸,۰۰۰
تعداد کل قطعی فیدرها	مرتبه	٥٤۲٦
انرژی توزیع نشده	کیلووات ساعت	۳,۱٤٤,۰۰۰
پیک بار شرکت	کیلووات	۷۲۲,۰۰۰
متوسط نرخ فروش انرژی شرکت	کیلووات ساعت/ریال	۱٦۰

اهداف کلی اتوماسیون شبکه توزیع

به طور کلی اهداف پیاده سازی سیستم اتوماسیون توزیع را به این ترتیب می توان خلاصه کرد:

-کاهش خاموشیها و مدت میانگین قطع برق

-کاهش انرژی توزیع نشده

-کاهش هزینه های بهره برداری تعمیرات و نگهداری(Operation & Maintenance-O&M)

-استفاده بهینه از ظرفیتهای موجود و به تعویق انداختن سرمایه گذاری جهت افزایش ظرفیت

-بهبود راندمان سیستم توزیع

-بهبود زمان بازیابی(برقدار کردن بخشهای سالم شبکه پس از جداسازی محل خطا)

-افزایش قابلیت اطمینان سیستم

-افزایش عمر مفید تجهیزات در نتیجه جلوگیری از اضافه بار آنها

-ارائه خدمات بهتر و سریعتر به مصرف کننده ها و افزایش رضایت آنها

-کسب اطلاعات و آمار بهتر و دقیقتر از شبکه توزیع و مصرف کنندگان

-کاهش تلفات و بهبود ضریب قدرت

-بهره برداری صحیح و قانونمند از شبکهٔ توزیع و کاهش خطای انسانی

-فراهم کردن سهولت برای تصمیم گیری و برنامه ریزی مهندسی از طریق ارائه گزارش و آمار به طور مکانیزه

-تسهیل تغییرات پیکره بندی و توسعهٔ شبکه

-ارتباط با مرکز فوق توزیع بالادست(دیسپاچینگ فوق نوزیع آبشار)جهت اخذ اطلاعات به هنگام

-استفاده اطلاعات در بازار برق

مزایای اقتصادی و کاهش هزینه های حاصل از انجام اتوماسیون شبکه توزیع

به طور کلی دو نوع سود اقتصادی از اجرای اتوماسیون شبکه توزیع حاصل می شود که عبارتند از:

-سودهای کمی یا ملموس (Tangible/Quantifiable)

-سودهای کیفی یا غیر ملموس(Intangible benefits)

سودهای کمی

منظور سودهایی است که به صورت عددی قابل بیان می باشد مواردی از این نوع سودها را بررسی می کنیم:

۱) به تعویق انداختن سرمایه گذاری ناشی از استفاده بهینه از تجهیزات و کاهش تلفات: این نوع سود با استفاده موثر از تجهیزات حاصل می شود.به عنوان مثال در پستها،با کنترل جریانهای چرخشی بین ترانسفورماتورها،کاهش تلفات از طریق بهبود پروفیل ولتاژ و کنترل توان راکتیو،کاهش اضافه بار ترانسها به دلیل موجود بودن اطلاعات زمان حقیقی از ترانسها هم چنین در فیدرها با ایجاد تعادل بار بین فیدرها،کاهش تلفات از طریق کنترل ولتاژ و توان راکتیو،امکان استفاده از ظرفیتهای اضافی ایجاد شده برای سایر مصرف کننده ها و در نتیجه کاهش نیاز به سرمایه گذاری برای خرید تجهیزات جدید مهیا می شود.

۲) کاهش هزینه های بهره برداری و نگهداری(O&M): به عنوان نمونه با انجام اتوماسیون پست،کاهش هزینه های O&M به دلیل کاهش زمان لازم برای کنترل بریکرها،سکسیونرها و تپ چنجرهای تحت بار (OLTC) حاصل می شود.هم چنین صرفه جوئی های اضافی از تست و تنظیم از راه دور رله ها،جمع آوری و تحلیل داده ها و تست کردن دستگاههای ثبت دیتا(Data Logger) حاصل می شود زیرا نیاز به مراجعه به پستها کاهش می یابد.در اتوماسیون فیدرها نیز هزینه های کلیدزنی کاهش قابل توجهی خواهد نمود.

۳) کاهش هزینه های ناشی از صرفه جوئی مصرف کننده ها: این مورد ناشی از بهبود زمانی بازیابی سیستم و جلوگیری از هزینه های ناشی از قطع برق برای مصرف کننده ها می شود.مفهوم ارزش خدمات(Value Of Service-VOS) برای بیان این موارد استفاده می شود.برای هر مصرف کننده،انرژی الکتریکی دارای ارزشی است که بستگی به نوع استفاده از برق دارد. می توان مصرف کننده ها را به گروههای زیر تقسیم کرد:

-مصرف کنندگان خانگی

-مصرف کنندگان تجاری

-مصرف کنندگان صنعتی

-مصرف کنندگان کشاورزی

٤) افزایش درآمد به دلیل کشف دستکاری کنتورها و انشعابات غیر مجاز: با انجام اتوماسیون مصرف کننده،امکان کشف دستکاری کنتورها و کشف انشعابات غیر مجاز از شبکه توزیع با سرعت بیشتری مهیا می شود که در نهایت موجب جلوگیری از این گونه خسارتها و در نتیجه باعث افزایش درآمد شرکت توزیع خواهد شد.

۵) افزایش درآمد ناشی از کاهش زمان قطعی برق: با انجام اتوماسیون توزیع،علاوه بر پرداخت کمتر خسارت به دلیل قطع برق،با توزیع انرژی بیشتر ناشی از عدم قطع برق درآمد شرکت توزیع افزایش می یابد.

سودهای کیفی

منظور از سودهای کیفی(غیرملموس)سودهایی است که امکان برآورد و بیان آنها با عدد مقدور نیست در اینجا به بررسی برخی از این سودها می پردازیم:

۱) روابط بهتر مصرف کننده ها با شرکتهای توزیع: طبیعی است که ارائه سرویس بهتر منجر به رضایت مصرف کنندگان و در نهایت ذهنیت بهتر آنها از شرکت توزیع می شود.در مواردی که مصرف کننده ها،نهادها و سازمانهای مهم داخلی یا خارجی مانند سفارتخانه ها،شعبه های شرکتهای تجاری و صنعتی کشورهای خارجی،مراکز دولتی و حکومتی باشند،ارائه سرویس مطمئن دارای اهمیت و ضرورت بالایی می باشد.

۲) ایجاد فضای رقابتی بین شرکتهای توزیع نیروی برق جهت ارائه خدمات بهتر: با توجه به تشکیل بازار برق در وزارت نیرو،اتوماسیون واطلاعات حاصله از آن می تواند نقش بسیار موثری در توسعهٔ بازار برق و رسیدن به اهداف مورد نظر ایفا نماید.

۳) اطلاعات بهتر و دقیقتر برای برنامه ریزی و مهندسی: با دسترسی به اطلاعات زمان حقیقی و آماری از وضعیت شبکه،امکان برنامه ریزی برای توسعه سیستم،تعمیرات آن بسیار آسانتر و کم هزینه تر می شود.تصمیم گیری صحیح و به موقع بر مبنای اطلاعات صحیح میسر خواهد بود و به این ترتیب از خسارتهای ناشی از تصمیم های غیر صحیح و خطای نیروی انسانی به طور قابل ملاحظه ای کاسته خواهد شد.

هزینه های ناشی از اتوماسیون شبکه توزیع

هزینه های اتوماسیون توزیع به عوامل مختلفی از جمله موارد زیر بستگی دارد:

-مساحت و ابعاد تحت پوشش
-وظائف مورد نیاز در اتوماسیون سیستم
-اطلاعات و سیگنالهای مورد نیاز
-وضعیت فعلی تجهیزات شبکه توزیع
-وظائف کنترلی مورد نیاز
-سخت افزار و نرم افزار به مکار رفته در مرکز کنترل و پایانه های دور دست
-روشهای مخابراتی مورد استفاده

محاسبهٔ سودهای کمی ناشی از اتوماسیون توزیع

سود ناشی از افزایش درآمد (کاهش هزینه ها)

همانگونه که توضیح داده شد انجام اتوماسیون سودهای زیادی را در پی خواهد داشت،که محاسبهٔ همهٔ آنها مستلزم در اختیار داشتن اطلاعات بسیار دقیق و Online از شبکه می باشد که البته این اطلاعات با اجرای اتوماسیون قابل دسترس خواهد بود.لذا در این مرحله جهت محاسبهٔ سودهای ناشی از اتوماسیون تنها تعدادی از آنها که امکان محاسبهٔ قطعی دارند،محاسبه شده است که عبارتند از:

الف) سود ناشی از فروش انرژی توزیع نشده و کاهش خاموشیها و مدت میانگین برق: با انجام اتوماسیون توزیع،به دلیل بازیابی سریعتر سرویس این امکان به وجود می آید که انرژی توزیع نشده را کاهش داد.محاسبات کاهش خاموشیها (انرژی توزیع نشده) و مدت میانگین قطع برق بر اثر اتوماسیون در خصوص این سود با توجه به شاخصهای قابلیت اطمینان به شرح زیر می باشد:

شاخص مدت متوسط قطع برق سیستم System Average Interruption Duration Index

که به اختصار SAIDI نامیده می شود.این شاخص بیانگر مدت زمان قطع برق هر مشترک در سال می باشد و به صورت زیر بیان می شود:

$$SAIDI = \frac{\text{مجموع کل مدت زمان قطع برق مشترکین}}{\text{تعداد کل مشترکین}}$$

انجام اتوماسیون روی شبکهٔ توزیع باعث بهبود این شاخص خواهد شد که در ادامه به این مهم پرداخته می شود.

- نحوهٔ محاسبهٔ شاخصهای قابلیت اطمینان

$$SAIDI = \frac{A}{N}$$

A=مدت زمان خاموشی مشترکین

N=تعداد کل مشترکین

برای محاسبهٔ پارامترها داریم:

$$\mathbf{A=\Sigma\, Ni\, \lambda i\, ri}$$

ادآور می شود با اضافه شدن پست مانوری،فیدر به چند ناحیه(Section) تقسیم می شود که Σ برای جمع زدن مقادیر این نواحی به کار رفته است.

توضیح این که قبل از اتوماسیون n=1 می باشد.

و چنانچه در هر فیدر ۱ نقطهٔ مانوری در اتوماسیون نصب گردد n=2 می گردد.

چنانچه در هر فیدر ۲ نقطهٔ مانوری در اتوماسیون نصب گردد n=3 می گردد.

Ni = تعداد مشترکین موجود در ناحیه i اُم

λi = تعداد خطا در سال در ناحیه i اُم

ri = میانگین زمان خطا در ناحیهٔ i اُم

$$\mathbf{N = \Sigma\, Ni}$$

۶۰۱۶۴۱نفر= تعداد کل مشترک شرکت توزیع برق شهرستان اصفهان

۱۹۲ فیدر = تعداد فیدر

با توجه به این که تعداد قطع خودکار سالانه فیدرها مطابق آمار برابر ۳۵۶۲ بار می باشد.بنابراین داریم:

۳۵۶۲/۱۹۲=۱۸,۷=متوسط تعداد قطع فیدر در سال

مطابق آمار موجود:

کل انرژی توزیع نشده=31440000kwh

که این انرژی برای هر فیدر این گونه محاسبه می شود:

انرژی توزیع نشده برای هر فیدر **E** nd=3144000/192=16375kwh

و چون هر فیدر به طور متوسط 18.7 دفعه در سال قطع شده برای محاسبهٔ هر خاموشی داریم:

انرژی توزیع نشده برای هر خاموشی=16547/18.7=885kwh

حال بار متوسط تمام فیدرهای موجود را محاسبه می کنیم:

بار متوسط فیدرها = انرژی تحویلی سالیانه / 365*24 = 3486898000/365*24=398047kw

بار متوسط فیدرها = 398047 / 192 =2.1Mw

زمان قطع در هر خط=885/2.1=0.421h=25دقیقه

SAIDI=18.7*25 =467.5 دقیقه=8 ساعت

پس قبل از اجرای پروژهٔ اتوماسیون SAIDI یا همان مدت زمان قطع برق هر مشترک در سال برابر 8 ساعت می باشد.

متوسط تعداد مشترکین در هر فیدر = 601641 / 192 =3133

با فرض ایجاد یک نقطه اتوماسیون در هر فیدر

$$SAIDI = \frac{\sum Ni\,\lambda i\,ri}{\sum Ni} = \frac{N_1\,\lambda_1\,r_1 + N_2\,\lambda_2\,r_2}{N_1 + N_2}$$

به دلیل این که محاسبات بر اساس میانگین پارامترهای شبکه انجام می گردد،لذا فرضیات زیر به کار گرفته می شود:

۱-مشترکین به طور یکنواخت در طول فیدر تقسیم شده باشد $N_1=N_2=N/2$

۲-احتمال وقوع خطا در فیدر متناسب با طول فیدر باشد $\lambda_1=\lambda_2=\lambda/2$

۳-زمان رفع خطا متناسب با طول قسمت معیوب می باشد $r1=r2=r/2$

SAIDI1= [(3133/2)*(18.7/2)*(25/2)]+[(3133/2)*(18.7/2)*(25/2)] / 3133 =

(1/4)SAIDI ⟹

SAIDI1=2ساعت=0.25 SAIDI

پس با انجام اتوماسیون شاخص مدت زمان قطع سالیانه هر مشترک به طور قابل توجهی کاهش می یابد به طوری که:

E nd1=0.25 E nd ⟹ برای هر فیدر **E** nd1=0.25*16547=4137kwh

E nd1 total=4137*192=794256 kwh **در هر سال برای کلیهٔ فیدرها**

پس میزان کاهش انرژی توزیع نشده بر اثر اتوماسیون عبارت است از:

E nd1 Dif=3144000 – 794 256 = 2349744 kwh

در حال حاضر بهای متوسط فروش هر کیلووات ساعت انرژی برق در شرکت توزیع برق شهرستان اصفهان برابر ۱۶۰ ریال می باشد که باید به این عدد،مقدار یارانه ای را که نیز دولت پرداخت می کنند در نظر گرفت که این یارانه بر اساس آمار و سخنان مقامات وزارت نیرو حداقل برابر ۱۶۰ ریال می باشد که با احتساب این مقدار بهای هر کیلووات ساعت انرژی برابر ۳۲۰ ریال باید در نظر گرفته شود.

برای محاسبه مقدار سود ریالی ناشی از انجام اتوماسیون مقدار انرژی کاهش یافته را در بهای ۳۲۰ ریال ضرب می کنیم:

ارزش میزان انرژی که سالیانه صرفه جویی می شود=2349744*320=751.918.000 ریال

ب) سود سالیانه ناشی از کلیدزنی: یکی از مسائلی که در شرکتهای توزیع حائز اهمیت و حیاتی است مساله کلید زنی است.این مساله هم به صورت عادی و هم غیر عادی محتمل می باشد.به این شکل که تجهیزات و شبکه ناگزیر باید سرویس و تعمیر شوند و هم چنین مساله نوسازی و گسترش شبکه نیز متصور است که برای انجام چنین امری طبیعتاً کلیدزنی اتفاق خواهد افتاد.به این نکته باید کلید زنیهای مواقع اضطراری را نیز اضافه کرد که در مواقع بروز خطا در شبکه نیاز به اعزام گروه و انجام کلیدزنی است.پس از انجام اتوماسیون برای این کلیدزنیها به سبب این که امکان ارسال فرمان قطع و وصل از مرکز دیسپاچینگ میسر است،نیازی به اعزام گروههای عملیاتی در صحنه نخواهد بود و کلیه هزینه های مرتبط صرفه جویی خواهد

شد.مطابق آمار موجود مجموع کلیدزنیهای خواسته و ناخواسته برابر ٥٤٢٦ می باشد.بر اساس بررسیها و تحقیقات انجام گرفتهٔ میدانی متوسط زمان لازم برای انجام هر کلید زنی با توجه به محدودهٔ تحت مدیریت شرکت برابر ۲ ساعت می باشد.

ریال٥٠٠٠٠=هزینهٔ متوسط هر ساعت از کلیدزنی(دستمزد،رفت و آمد خودرو،سوخت،تعمیرات و تجهیزات...)

ساعت۲= زمان لازم برای هر کلید زنی

٥٤٢٦=تعداد قطعیها

پس از انجام اتوماسیون میزان هزینهٔ صرفه جویی شده برابر مقدار زیر می باشد:

ریال ٥٤٣,٠٠٠,٠٠٠ = ۲*٥٠٠٠٠*٥٤٢٦ = ارزش ریالی سودسالیانه ناشی از کلید زنی ازراه دور

ج) سود ناشی از استفادهٔ بهینه از ظرفیتهای موجود و به تعویق انداختن سرمایه گذاری افزایش ظرفیت و افزایش عمر تجهیزات در نتیجه جلوگیری از اضافه بارآنها: با انجام پروژهٔ اتوماسیون به علت خالی شدن ظرفیتهای جدید بر اثر بهبود ضریب قدرت و خصوصاً متعادل نمودن بار فیدرها نیازی به احداث و نصب فیدرهای جدید نخواهد بود. در اثر این عدم احداث و استفاده از ظرفیتهای موجود هزینه های قابل توجهی صرفه جویی خواهد شد که در ادامه به چگونگی و محاسبات آن اشاره می شود .

بر اساس آخرین اطلاعات بار از ۱۹۲ فیدر موجود در سطح شرکت در تاریخ ۸۳/٤/۱۷ (رجوع به پیوست الف)متوسط بار هر فیدر در پیک بار ۱۱۲,۸A بوده و مجموع بار این فیدرها نیز ۷۲۲ Mw اندازه گیری شده است.با توجه به این که این بار متوسط متعلق به یک ساعت مشخص و آن هم در اوج مصرف می باشد،بار متوسط فیدرها در طول سال را بر اساس آمار انرژی تحویلی سالیانه محاسبه می کنیم:

کیلو وات ۳۹۸۰٤۷= ۳٤۸٦۸۹۸۰۰۰ / ۳٦٥*۲٤ = انرژی تحویلی سالیانه / ۳٦٥*۲٤ =بار متوسط مجموع فیدرها

مگاوات ۲,۱ = ۳۹۸۰٤۷ / ۱۹۲ = بار متوسط هر فیدر

۲,۱Mw ⟹ I=٦۳A

با توجه به این که بار فیدرها تقریباً به طور متناسب با بار کل شبکه افزایش و کاهش می یابند لذا متوسط سالیانه بار فیدرها با احتساب ضریب (63/112=0.559) در جدول پیوست الف محاسبه می گردد که نتایج در جدول پیوست ب درج گردیده است.

طبق آمار جدول پیوست ب ٤٤ فیدر بیش از ۹٥ آمپر بار دارند

بیش از ۹٥ آمپر بار دارند< ٤٤ فیدر از فیدرهای موجود

با توجه به بررسیهای انجام شده و با استفاده از نتایج حاصله از اجرای اتوماسیون و استفاده از اطلاعات Online اتوماسیون می توان تخمین زد که بدون احداث تاسیسات جدید و تنها با استفاده و تجزیه و تحلیل اطلاعات ناشی از اجرا یاتوماسیون حدود ۲۰ آمپر بار از این ٤٤فیدر می توان کاهش داد و بار مورد نظر را به فیدرهای کم بارتر منتقل نمود پس داریم:

آمپر ۸۸۰ = ۲۰*٤٤=مجموع باری که باید منتقل شود ⟹ ۳۰Mw

پس حدود ۳۰ مگاوات بار منتقل می شود حال محاسبه می کنیم که این ۳۰ مگاوات چند درصد از کل انرژی تحویلی سالیانه می باشد

۳۰/۳۹۸=۷,٥٪

به این معنا که ۷,٥٪ ظرفیت شبکه پس از انجام اتوماسیون آزاد خواهد شد.

مطابق آمار شرکت توزیع برق شهرستان اصفهان سالانه ۱٦۰ کیلومتر شبکه فشار متوسط هوایی احداث می کند،که ۷,٥٪ آن برابر:

۱٦۰*۷,٥٪=۱۲Km/year

و نیز سالانه ٤۰ کیلومتر شبکه زمینی احداث می گردد که صرفه جویی ۷,٥٪ آن برابر مقدار زیر خواهد شد:

٤۰*۷,٥٪= ۳Km/year

هزینهٔ احداث یک کیلو متر شبکه هوایی برابر ۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال و هزینهٔ احداث یک کیلومتر شبکهٔ هوایی برابر ٤۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال محاسبه شده است:

ریال سالانه ۱,۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰=۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰*۱۲صرفه جویی سالیانه بر اثر عدم احداث شبکه هوایی

ریال سالانه ۱,۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰=٤۰۰,۰۰۰,۰۰۰*۳ صرفه جویی سالیانه بر اثر عدم احداث شبکه زمینی

+

ریال ۲,٤۰۰,۰۰۰,۰۰۰ = مجموع

د) **ارزش واقعی برق** : برای محاسبهٔ سود ناشی از افزایش قابلیت اطمینان از مقدارVOS برق (Value Of Service) استفاده می شود،که به مراتب بیشتر از قیمت فروش آن است.به عنوان مثال مقدار VOS در آمریکا در سال ۱۹۸۹ حداقل ۵,۸ دلار و در نروژ حدود ۱,۲۵ دلار به ازای هر کیلو وات ساعت بوده است.این رقم برای مراکز صنعتی آمریکا تا حدود ۲۱ دلار نیز برآورد شده است.در سال ۱۹۹۰ در ایالت تنسی(Tennessee) آمریکا برای مصارف سنگین کمترین مقدار VOS برابر ۵,۸۱ دلار به ازای هر کیلووات ساعت و در ایالت بریتیش کلمبیا ۵ دلار به ازای هر کیلووات ساعت بوده است.همچنین در سال ۱۹۹۸ در کشور مالزی مقدار VOS به ازای هر کیلو وات ساعت ۷ دلار محاسبه شده است.

با توجه به عدم دسترسی به مقدار واقعی VOS در ایران،نرخ واقعی خسارتی که مشترکین در ازای قطع برق متحمل می شوند را برابر ٪۱۵ حداقل نرخ کشورهای دیگر(نروژ)در سال ۱۹۸۹ ($1.25)در نظر گرفتیم و نرخ دلار را نیز برابر ۸۵۰۰ ریال محاسبه نمودیم:

VOS(Iran)=1.25*0.15*850=1600 Rials/kwh

قبلاً محاسبه شد که در اثر اتوماسیون ۲۳٤۹۷٤٤ کیلووات ساعت انرژی توزیع نشده صرفه جویی خواهد شد.پس با توجه به ارزش واقعی برق و این میزان انرژی سود مورد نظر قابل محاسبه است:

1600*2349744=3.760.000.000 Rials/Year

هزینه های صرفه جویی شدهٔ (درآمد) سالانه ناشی از اتوماسیون

ریال 751.918.000=درآمد ناشی از فروش انرژی

ریال543.000.000=درآمد ناشی از کاهش هزینه های بهره برداری

ریال2.400.000.000=درآمد ناشی از صرفه جوئی توسعهٔ شبکه

ریال 3.760.000.000=درآمد ناشی از ارزش واقعی برق صرفه جوئی شده

\+

ریال 7.454.000.000 = هزینهٔ صرفه جوئی شدهٔ(درآمد)سالانه

هزینه های ناشی از اتوماسیون

الف) هزینه های مرکز کنترل.....**۷,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ریال**

که این هزینه ها شامل

سخت افزار: رایانه های پردازشگر اولیه (FEP)، رایانه های پردازشگر اسکادا(Scada Server)،رایانه های اجراکننده برنامه های کاربردی(Application Server)،مودمها،چاپگرها،ایستگاههای کاری و منبع تغذیه بدون وقفه ۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

نرم افزار: نرم افزار اصلی و پایه،نرم افزارهای مربوط به سیستم اسکادا، واسط بهره برداران با سیستم،سیستم ورود اطلاعات نگهداری و انتقال آنها.....۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

نرم افزارهای کاربردی **(APAS)**: محاسبات آنالیز شبکه،نرم افزارهای مربوط به کاهش تلفات در شبکه،مدیریت انرژی،تعیین محل حادثه،محاسبات پخش بار،سیستم مدیریت قطعیها،کنترل اتوماتیک توان اکتیو و راکتیو و سیستمهای خبره ۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

صفحه نمایشگر (با تکنولوژی Rear Projection).....۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

ب) هزینه های تجهیز ۵۰ پست توزیع زمینی.....**۱۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰ریال**

که این هزینه ها شامل

تاسیسات قدرت:کلید قدرت موتوردار،کنتاکت،میکروسوئیچ،رله،CT و PTها.....۱۷۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

RTU،**تاسیسات تغذیه و مخابرات**.....۸۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

ب)هزینه های تجهیز ۱۵۰ پست توزیع هوایی.....**۱۸,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ریال**

که این هزینه ها شامل

تاسیسات قدرت:کلید قدرت موتوردار،کنتاکت،میکروسوئیچ،رله،CT و PTها.....٤۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

RTU،**تاسیسات تغذیه و مخابرات**.....۸۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

مجموع هزینه های اولیه **۳۷,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ریال**

انجام ارزیابی اقتصادی

برای انجام ارزیابی اقتصادی با توجه به شرائط ایران موارد زیر لحاظ شده است:

حداقل نرخ جذب کننده(بهره).....٪۱۷ نرخ سود بانکی برای سپرده های بلندمدت

طول عمر مفید پروژه.....۱۵سال

ارزش اسقاطی سیستم اتوماسیون توزیع.....۱/٦(یک ششم)هزینهٔ اولیه

هزینهٔ بهره برداری و نگهداری سیستم اتوماسیون.....٪۱ کل هزینهٔ اولیه

درآمدسالیانه.....۷,٤٥٤,۰۰۰,۰۰۰ریال

مجموع هزینه های اولیه ۳۷,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

ارزش اسقاطی=(۱/٦)*ارزش فعلی=۳۷,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰*۱/٦ریال=٦,۱٦۰,۰۰۰,۰۰۰

هزینهٔ بهره برداری سالانه سیستم اتوماسیون=٪۱ کل هزینهٔ اولیه در سال =۳۷۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

ارزش فعلی درآمدها=۷,٤٥٤,۰۰۰,۰۰۰*[(۱/۱,۱۷)+(۱/۱,۱۷)²+(۱/۱,۱۷)³+...+(۱/۱,۱۷)¹]

=۷,٤٥٤,۰۰۰,۰۰۰* ٥,۳۲٤=۳۹,٦۹۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

ارزش فعلی هزینهٔ بهره برداری اتوماسیون=۳۷۰,۰۰۰,۰۰۰*[(۱/۱,۱۷)+(۱/۱,۱۷)²+(۱/۱,۱۷)³+...+(۱/۱,۱۷)¹]=۱,۹۷۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

ارزش سود خالص فعلی

ارزش سود خالص فعلی=ارزش فعلی سودها+ارزش اسقاطی-کل هزینهٔ اولیه بهره برداری-هزینهٔ فعلی

ارزش سود خالص فعلی=۳۹,٦۹۰,۰۰۰,۰۰۰ + ٦,۱٦۰,۰۰۰,۰۰۰ – ۳۷,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ – ۱,۹۷۰,۰۰۰,۰۰۰

ارزش سود خالص فعلی =٦,۸۸۰,۰۰۰,۰۰۰ریال

نرخ بازگشت سرمایه

اگر نرخ بازگشت سرمایه را سود خالص فعلی بخش بر کل هزینه اولیه بدانیم در این صورت داریم:

نرخ بازگشت سرمایه=(٦,۸۸۰,۰۰۰,۰۰۰/ ۳۷,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰)*۱۰۰=٪۱۹

و این بدان معنا است که طی ۵ سال اولیه پروژه کل هزینه های مصرفی بازگشت می گردد.

نتیجه گیری از ارزیابی اقتصادی

پروژهٔ اتوماسیون شبکه توزیع اصفهان در طول عمر مفید خود سود ده خواهد بود و هزینه های سرمایه گذاری و بهره برداری و نگهداری خود را جبران خواهد کرد.هم چنین علاوه بر سودهای کمی محاسبه شده،سودهای کمی دیگری نیز که قبلاً توضیح داده شده محاسبه نشده و نیز سودهای کیفی فراوانی نیز با انجام اتوماسیون توزیع کسب خواهد شد.

ضمناً نکته بسیار مهم قابل ذکر این است که بر اساس نامه ۲۳/۸٤٤۱/۲۷٤٦ مورخ ۸۱/٥/۲۸ معاونت پژوهشی سازمان توانیر و با توجه به در نظر گرفتن نرخ سوخت ۲سنت برای هر کیلووات ساعت انرژی، قیمت تولید خالص هر کیلووات ساعت انرژی توسط نیروگاه برابر٤۳۱,٦۸ ریال می باشد و همچنین مطابق نامه شماره ۱۱/٤۷٤/۳۱۳٦ مورخ ۸۳/۳/۲۷ مدیریت عامل توانیر به طور متوسط نرخ انرژی توزیع نشده هر کیلووات ساعت برابر ۱,٥دلار آمریکا و تقریباً برابر ۱۳,۰۰۰ریال می باشد.که اگر در محاسبات سود ناشی از فروش انرژی توزیع نشده و هم چنین ارزش واقعی برق به این آمار استناد می شد،با بالا رفتن این سودها نرخ بازگشت سرمایه به کمتر از دو سال تقلیل پیدا می کرد.

منابع

– مطالعات و تجارب گردآورندگان در طول اجرای پروژه اتوماسیون شبکه توزیع برق شهرستان اصفهان

– گزارش امکان سنجی شرکت مهندسین مشاور مونتکو ایران

– مدیریت مالی نوشته ریموند پی.نوو ترجمه و اقتباس دکتر علی جهانخانی و دکتر علی پارسیان

– پروژه شرکت اشنایدر در خصوص ارزیابی نرخ واقعی برق در کشورهای مختلف