بسمه تعالی

هفتمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران

کد مقاله: DNEQ136

نوع پذیرش: رزرو

روش جدید اندازه گیری و قرائت انرژی مصرفی مشترکین از راه دور (خودکار) یا AMR (Automatic Meter Reading)

آقای مهندس سعید شعاری نژاد (شرکت مهندسی و تولیدی اترک انرژی)

و

آقای مهندس علی افتخاری (شرکت توزیع نیروی برق استان کرمان)

چکیده مقاله

سالهاست که شرکت های توزیع نیروی برق در سطح جهان و از جمله کشورمان بدنبال روشهای اندازه گیری و قرائت انرژی مصرفی مشترکین بدون مراجعه حضوری به محل کنتور می باشند تا بدینوسیله ضمن صرفه جوئی در نیروی انسانی، دقت قرائت را افزایش داده، مشکلات اجتماعی ناشی از مراجعه به منازل جهت کنتور خوانی را به حداقل رسانده، استفاده کننده های غیر مجاز برق را به سرعت و سهولت شناسائی نموده، تلفات انرژی در بخش فشار ضعیف را بصورت دقیق و نزدیک به واقعیت بدست آورده و در صورت نیاز کنتورها را نیز بدون تعویض تعرفه دار نماید. تا بدین ترتیب از هزینه ها و سرمایه های صرف شده موجود (یعنی تأسیسات زیر بنائی مانند کنتورها، خطوط توزیع فشار ضعیف و غیره) بصورت کاملاً اقتصادی بهره جویند.

در این مقاله سعی بر این خواهد شد که ضمن اشاره به سیستمهای قرائت کنتور از راه دور مطرح در سطح دنیا و کشورمان، به ویژگیها و مزایا و معایب آنها پرداخته و سپس سیستم AMR مورد نظر که بهینه ترین از نظر فنی و اقتصادی بوده و در ۱۰ شهر کشورمان بصورت نمونه اجرا شده و برای اولین بار در سطح نسبتاً وسیع نیز در شهر کرمان اجرا گردیده است تشریح گردد.در ضمن گزارشی از سیستم اجرا شده در کرمان ارائه خواهد شد.

روش جدید اندازه گیری و قرائت انرژی مصرفی مشترکین از راه دور (خودکار) یا AMR (Automatic Meter Reading)

آقای مهندس سعید شعاری نژاد (شرکت مهندسی و تولیدی اترک انرژی)

و

آقای مهندس علی افتخاری (شرکت توزیع نیروی برق استان کرمان)

سالهاست که شرکت های توزیع نیروی برق در سطح جهان و از جمله کشورمان بدنبال روشهای اندازه گیری و قرائت انرژی مصرفی مشترکین بدون مراجعه حضوری به محل کنتور می باشند تا بدینوسیله ضمن صرفه جوئی در نیروی انسانی، دقت قرائت را افزایش داده، مشکلات اجتماعی ناشی از مراجعه به منازل جهت کنتور خوانی را به حداقل رسانده، استفاده کننده های غیر مجاز برق را به سرعت و سهولت شناسائی نموده، تلفات انرژی در بخش فشار ضعیف را بصورت دقیق و نزدیک به واقعیت بدست آورده و در صورت نیاز کنتورها را نیز بدون تعویض تعرفه دار نماید. تا بدین ترتیب از هزینه ها و سرمایه های صرف شده موجود (یعنی تأسیسات زیر بنائی مانند کنتورها، خطوط توزیع فشار ضعیف و غیره) بصورت کاملاً اقتصادی بهره جویند.

در این مقاله سعی بر این خواهد شد که ضمن اشاره به سیستمهای قرائت کنتور از راه دور مطرح در سطح دنیا و کشورمان، به ویژگیها و مزایا و معایب آنها پرداخته و سپس سیستم AMR مورد نظر که بهینه ترین از نظر فنی و اقتصادی بوده و در ۱۰ شهر کشورمان بصورت نمونه اجرا شده و برای اولین بار در سطح نسبتاً وسیع نیز در شهر کرمان اجرا گردیده است تشریح گردد. در ضمن گزارشی از سیستم اجرا شده در کرمان ارائه خواهد شد.

الف: تاریخچه AMR

AMR یا قرائت کنتور خودکار (مستقل از کنتور برق، گاز یا آب) که مخفف عبارت Automatic Meter Reading می باشد، برای اولین بار حدود ۳۰ سال پیش با همکاری مشترک شرکت های AT&T ، وستینگهاوس (Westinghous) و تعدادی از شرکت های برق منطقه ای در ایالات متحده مورد آزمایش عملی قرار گرفت. در آن زمان بدلیل هزینه بالای سیستم در مقایسه با هزینه پائین نیروی انسانی جهت قرائت کنتورها (حدوداً چهار برابر)، استقبال چندانی از آن نشد.

پس از پیشرفت تکنولوژی و آغاز عصر جدید صنعت الکترونیک در سال ۱۹۸۵، بالا رفتن هزینه نیروی انسانی و همزمان اهمیت پیدا کردن مدیریت انرژی و بار، این سیستم مجدداً مورد توجه قرار گرفت. لذا از سال ۱۹۸۵ تعداد زیادی از شرکت های برق منطقه ای با شتاب بسیار بدنبال اجرای AMR در مناطق تحت پوشش خود رفتند بطوریکه در عرض یکسال پس از معرفی تکنولوژی جدید AMR در سال ۱۹۸۵ ، حدود ۴۵۰،۰۰۰ مشترک تحت پوشش قرار گرفت.

بدنبال این استقبال بود که در سال ۱۹۸۶ انجمنی بنام AMRA (AMR Association) در ایالات متحده کار خود را آغاز کرد. این انجمن با انجمن IEEE (انجمن مهندسین برق و الکترونیک) ایالات متحده در سال ۱۹۹۷ شروع به تدوین استاندارد AMR کردند که اولین نشریه آن (در حال حاضر بصورت توصیه و نه استاندارد قطعی) تحت عنوان AMRA/IEEE (1377-1997 C12.19) Standard for Utility & Industry End – Device Data Table توسط کمیته AMRA/SCC31 عرضه شده است.

ب: اهداف سیستم AMR

شرکت های طراح و عرضه کننده انواع سیستم های AMR بدنبال دستیابی هر چه بیشتر به اهداف AMR هستند، ولی چون بخشی از این اهداف، مورد نظر کلیه شرکت های برق منطقه ای بوده و بخشی دیگر فقط برای بعضی از آنها به تناسب موقعیت جغرافیائی، وضعیت اجتماعی، وضعیت اقتصادی، تراکم جمعیت و واحدهای مسکونی، اهمیت انرژی، میزان متوسط مصرف مشترکین و نوع شبکه های توزیع چه از نظر تعداد مشترک بازای هر پست توزیع (هوائی یا زمینی) حائز اهمیت می باشد، بنابراین تنوع در

پوشش دادن به اهداف AMR باعث معرفی انواع گوناگون شده که در بخش بعدی به شرح و مقایسه آنها خواهیم پرداخت.

در حال حاضر می توان با سیستم AMR مورد نظر به اهداف زیر دست یافت:

۱- ثبت بار و انرژی و تهیه پروفیل های مربوطه (در حد فاصل ساعت، شبانه روز، هفته، ماه و ...) و الگوی مصرف مشترکین تک فاز و سه فاز .

۲- ارتباط دو طرفه و مداوم با کنتورها.

۳- عدم مراجعه به محل های نصب کنتور برای قرائت و کاهش این بخش از هزینه ها و در ضمن اجتناب از بعضی از حوادث احتمالی اجتماعی.

٤- محاسبه نسبتاً دقیق تلفات بار، انرژی های توزیع نشده و ردیابی سهل نشتی های احتمالی.

۵- اطلاع سریع از دخالت احتمالی غیر مجاز افراد در کنتورها (Tamper Detection) .

٦- تجزیه و تحلیل نرم افزاری اطلاعات و آمارهای دقیق ثبت شده.

۷- حذف کامل خطای انسانی (سهوی و عمدی) در قرائت کنتورها.

۸- تعرفه دار کردن کنتورها **بدون** تجهیز کنتورهای موجود و یا جدید به ساعت فرمان یا تغییر کنتورها به کنتورهای تعرفه دار.

۹- افزایش نقدینگی و درآمد شرکت های برق منطقه ای با کاهش زمان حد فاصل بین قرائت کنتورها.

۱۰- تجهیز سهل و اقتصادی کنتورهای موجود به سیستم AMR .

۱۱- پوشش آن توسط سیستم های دیسپاچینگ توزیع.

۱۲- بررسی تعادل توزیع بار بین فازها.

۱۳- نصب روی کنتورهای آنالوگ و دیجیتال.

ج: اجزاء سیستم AMR

اجزاء کلی سیستم AMR مستقل از نوع تکنولوژی یا سازنده آن عبارتست از:

۱- واحدی که در داخل کنتور نصب می شود که اصطلاحاً RU (Remote Unit) یا TIU (Telemetry Interface Unit) نامیده می شود. نقش این واحد قرائت گردش صفحه دوار کنتور (در کنتورهای آنالوگ) و دیجیتالی کردن آن یا شمارش تعداد پالسهای انرژی در کنتورهای دیجیتالی می باشد.

۲- مودم جهت انتقال اطلاعات به راه دور یا اصطلاحاً بخش مخابرات سیستم.

۳- واحد گیرنده و جمع کننده اطلاعات ارسالی RU ها که اصطلاحاً متمرکز کننده (Concentrator) یا

DCU (Data Collection Unit) نامیده می شود. این واحد نقش دریافت سیگنالهای ارسالی RU و ثبت اطلاعات تحت آدرس هر کدام از RU ها و حفظ آنها در حافظه خود را دارد. محل این واحد جمع کننده در شبکه تابع نوع سیستم AMR است.

٤- کامپیوتر شخصی (اعم از LAPTOP یا Desktop) و نرم افزار مربوطه که نقش تخلیه اطلاعات از متمرکز کننده ها و سازماندهی آنها جهت استفاده به منظور صدور صورتحساب مصرف مشترکین، تجزیه و تحلیل اطلاعات، تهیه پروفیل های گوناگون و غیره را دارد.

د: انواع سیستمهای AMR و ویژگی های آنها

همانطور که اشاره شد، شرکت های سازنده، سیستم های AMR را متناسب با اهداف ذکر شده در بند ب این مقاله ساخته و به بازار ارائه کرده اند. به عبارت دیگر، یک سیستم AMR می تواند بهینه ترین سیستم برای بخشی از کشورها باشد ولی برای بخشی دیگر اصلاً سیستم مناسبی نباشد. برای روشن شدن بیشتر نحوه تشخیص بهینه ترین سیستم برای شرکت های توزیع کشورمان ، به ویژگیهای هر کدام از سیستمهای موجود و مقایسه آنها می پردازیم.

با مرور دقیق تر بخش ج این مقاله بسهولت می توان به این نتیجه رسید که پیچیده ترین و پر هزینه ترین بخش سیستم AMR (مستقل از نوع آن)، بخش مخابرات یا ارتباط RU ها با متمرکز کننده یا جمع کننده اطلاعات می باشد.

بنابراین اگر بخواهیم سیستمهای AMR را بطور کلی و مستقل از سازنده و طراح آن مقایسه کنیم عملاً بایستی سیستم مخابراتی استفاده شده توسط آنها را بررسی کنیم.

سیستم های مخابراتی گوناگون استفاده شده در سیستمهای AMR و ویژگیهای فنی و اقتصادی آنها عبارتست از:

١- سیستم رادیوئی

در این سیستم با اضافه کردن یک دستگاه فرستنده و مودم بی سیم در کنار کنتور (به همراه RU جهت دیجیتالی کردن شمارش کنتورها)، اطلاعات به دستگاه جمع کننده منتقل می شود. دستگاه جمع کننده می تواند Hand – Held و یا بصورت نصب دائم باشد که از طریق یک گیرنده و مودم

بی سیم اطلاعات را در فاصله ای فیزیکی از محل کنتور (که بستگی به نوع فرکانس و توان گیرنده و فرستنده رادیوئی دارد) قرائت می کند. این جمع کننده به همراه گیرنده می تواند بصورت Hand – Held دست مأمور قرائت کنتور بوده و بدون نیاز به ورود به داخل واحدهای مسکونی آنها را قرائت نماید و یا در داخل ماشینی نصب شده و با عبور از کوچه ها و خیابان ها، کنتورها را قرائت نماید که اصطلاحاً این سیستم را **سیار** هم می گویند. نوع دیگری از این سیستم، استفاده از دستگاههای جمع کننده و گیرنده های نصب دائم می باشد و این سیستم را اصطلاحاً **سیستم ثابت** هم می گویند.

از نوع **سیار** فقط به اهداف ردیفهای ۳ و ۷ (تا حدودی) و ۱۳ اشاره شده در بخش **ب** همین مقاله می توان رسید ولی با نوع **ثابت** آن امکان دستیابی به اهداف ردیفهای ۱، ۲، ۳، ٤ (در حد ناقص)، ٥، ٦، ۷، ۸، ۹، ۱۱ (تا حدودی) و۱۳ اشاره شده در بخش ب همین مقاله وجود دارد که تکامل آن بستگی به تکنولوژی استفاده شده در بخش های RU و جمع کننده و نرم افزار مربوطه دارد.

مشکلات فنی هر دو سیستم سیار و ثابت رادیوئی، وجود امواج مزاحم و اغتشاشات ناشناخته در حد فاصل گیرنده ها و فرستنده ها و برد کوتاه آنها می باشد. اگر چه امواج با برد بلند و توان بالاتر نیز ساخته شده ولی بدلیل قیمت فوق العاده زیاد آنها، در بخش مخابرات AMR مورد استفاده قرار نمی گیرند.

مشکل اصلی این سیستم ها بویژه از نوع ثابت، هزینه بسیار بالای آن در مقایسه با سایر سیستمهای AMR است، چرا که نیاز به گیرنده / فرستنده ها (TRANSCEIVER ها) در هر دو طرف (کنتورها و جمع کننده اطلاعات) بوده و در صورت وجود موانع فیزیکی بین آن دو، نیاز به تقویت کننده یا تکرار کننده سیگنال خواهد بود.

مشکل دیگر هر دو سیستم **سیار** و **ثابت** بویژه در کشور ما این است که چون جا دادن گیرنده / فرستنده ها در داخل کنتورها امکان ندارد، لذا بایستی در فضائی کنار کنتور نصب شود و چنین امکانی در بسیاری از موارد وجود ندارد مگر کنتور درداخل جعبه دیگری به همراه گیرنده / فرستنده نصب شود، و این مورد علاوه بر هزینه، مشکلات اجرائی نیز دارد. نگرانی دیگر در این سیستمها (اعم از ثابت و سیار)، لزوم نصب آنتن خارج از منطقه کنتور بوده که بدلیل دسترسی سهل افراد مختلف به اطراف کنتور، احتمال شکستن آنتن (سهوی یا عمدی) بسیار است.

۲-استفاده از خطوط تلفن

در این شیوه، اطلاعات RU ها از طریق خطوط تلفن و نصب مودم در کنار کنتور به جمع کننده اطلاعات می رسد. این شیوه خود نیز می تواند به دو طریق عمل شود، یکی از طریق شماره گیری و تخلیه اطلاعات در زمانهای مشخص و دیگری ارتباط دائم RU ها با مرکز جمع کننده بدون نیاز به شماره گیری که اصطلاحاً DSL نامیده می شود.

در صورت استفاده از مودم شماره گیری، فقط به اهداف ردیفهای ۳، ۵ و ۷ بخش ب همین مقاله می توان رسید و از طریق مودم DSL به کلیه اهداف بخش ب می توان رسید.

مشکلات فنی این سیستم ، عدم وجود خط تلفن در کلیه مشترکین برق، عدم امکان هماهنگی برنامه ریزی شده با مشترک جهت استفاده از خط تلفن آنها برای قرائت کنتور (در سیستم شماره گیری) و هزینه نسبتاً بالای آن می باشد. مشکل دیگر بویژه در ایران تداخل این قضیه با شرکت مخابرات و عملیات مداوم آنها در اعمال تغییرات در کابلها، شماره ها، قطع تلفن ها بدلایل گوناگون و غیره می باشد.

این سیستم در محدوده های با تراکم کم و بسیار گسترده بویژه در کشورهای بسیار پیشرفته که کلیه واحدهای مسکونی عملاً دارای دو خط تلفن هستند کاربرد دارد. بویژه استفاده از سیستم DSL که در واقع از خط تلفن به عنوان شبکه اینترنت (سرعت انتقال اطلاعات بسیار بالا) هم استفاده می شود بدون اینکه خط تلفن اشغال شود (و بدون شماره گیری)، در کشورهای بسیار پیشرفته هر روز در حال گسترش است.

۳-استفاده از PLC (Power Line Carrier)

در این سیستم ارتباط RU ها با جمع کننده ها از طریق شبکه فشار ضعیف و سیستم PLC است. با این سیستم به کلیه اهداف اشاره شده در بخش ب این مقاله می توان رسید، البته اگر بخواهیم به اهداف ۲، ۳، ۱۱ اشاره شده در بخش ب بطور کامل دست یابیم، کماکان ارتباط نواحی برق با پست ها (که جمع کننده ها در آنجا نصب می شوند) بایستی با استفاده از بیسیم یا خط تلفن برقرار شود و چون گیرنده / فرستند ها در این حالت فقط بین پست ها (نه تک تک مشترکین) و نواحی یا مرکز دیسپاچینگ توزیع نصب می شود، هزینه آن بسیار تقلیل می یابد. (در مقایسه با سیستم بی سیم ثابت بحث شده در ردیف ۱ همین بخش). این سیستم

هیچکدام از مشکلات دو سیستم بی سیم و تلفن گفته شده را ندارد یعنی بسهولت و بسرعت داخل کنتور نصب می شود(مشترکین به آنها دسترسی ندارند)، نیاز به هیچ دستگاه جنبی در کنار کنتور ندارد و مهمتر اینکه از نظر اقتصادی کم هزینه ترین سیستم در مقایسه با سایر سیستمهای AMR است.

این سیستم جهت محلهای پرتراکم و کشورهائی که مشترکین آنها اغلب از شبکه فشار ضعیف تغذیه می کنند و پستهای توزیع 11KV به بالا مناسب است ولی برای کشورهائی مانند کانادا و آمریکا این سیستم بهینه نیست، زیرا در این کشورها دیماند مشترکین نسبتاً بالاست (سه فاز است)، پستهای توزیع 3KV یا 6KV هوائی بوده و هر ترانسفورماتور معمولاً ۳۰ تا ٤٠ مشترک (با شبکه فشار ضعیف کوتاه) را تغذیه می کند و لذا استفاده از PLC شبکه فشار ضعیف غیر اقتصادی می شود.

٤- استفاده از کابل فیبر نوری

این سیستم چون در کشورمان کاربردی (حد فاصل مشترکین تا پست ها یا نواحی برق) ندارد، لذا فقط اشاره کلی به آن می کنیم. در این سیستم، اطلاعات RU ها از طریق کابل فیبر نوری (چه کابل فیبر نوری شرکت های برق منطقه ای و چه کابل فیبر نوری شبکه های تلویزیونی کابلی) به جمع کننده ها در نواحی برق می رسد.

هـ - مقایسه اقتصادی سیستمهای AMR برای یک ناحیه برق (فرضی) با ۵۰۰۰ مشترک

جهت آشنائی کلی با هزینه های سیستمهای گوناگون AMR بصورت نسبی و مقایسه ای جدول زیر تهیه شده است. این جدول بر اساس اطلاعات موجود در Web Site های سازندگان گوناگون تهیه شده و برای یک ناحیه برق با حدود ۵۰۰۰ مشترک مقایسه هزینه انجام گرفته است.

نوع سیستم	هزینه RU	هزینه مخابرات	هزینه جمع کننده	هزینه اجرائی	هزینه کلی سیستم
AMR با PLC	A	B	4 C	D	E
AMR با بی سیم سیار	A	3 B	C	3 D	3 E
AMR با بی سیم ثابت	A	10 B	10 C	3 D	7 E
AMR با مودم تلفن	A	4 B	2 C	2 D	5 E
AMR با مودم DSL	A	30 B	2 C	2 D	20 E

و- شرح پروژه آزمایشی اجرا شـــده AMR در شرکت توزیع کرمان

اولیـن پـروژه آزمایشـی AMR بـا اسـتفاده از PLC شبکه فشار ضعیف در ایـران بـه همـت مدیریت عـامل محـترم وقـت آن شـرکت، در شهر کرمان جهت ۱۵۰۰ مشترک اجرا گردید.
ایـن پـروژه در نقـاط مختلـف شـهر و جـهت تعداد متنوعـی از مشـترکین از نظـر فاصلـه از پست (هوائی) اجرا گردیده است.
اطلاعات یکی از پست های هوائـی کـه دارای متمرکز کننـده (Concentrator) مـی باشـد، از طریق مودم های بی سیم طیف گسـترده بطـور مـداوم و بلادرنـگ (On-Line) بـه کـامپیوتر شخصی نصب شده در شرکت توزیـع کرمـان انتقال می یابد.
بـرای نمونـه و آشـنائی از اطلاعـات پـــروژه، اطلاعات خروجی سیستم پیوسـت ایـن مقالـه مـی باشـد و شـرکت توزیـع کرمـان در حـال حاضر قـــرارداد ۱۰/۰۰۰ مشـترک در دو شـهر استان کرمان به سیسـتم AMR را عقـد نمـوده است.
علاوه بر این فعالیتـها، شـرکت توزیـع کرمـان بدنبال تجزیه و تحلیل نـرم افـزاری اطلاعـات بدست آمده از سیســتم AMR مـی باشـد کـه بزودی نتایج حاصله آن طـی مقـالات دیگـری در کنفرانسهای وزارت نیرو ارائه خواهد شد.

ز: نتیجه گیری

با توجه به جوانب گوناگون سیســتم AMR و کمبودهای بسیار شرکت هــای توزیـع و بـرق منطقه ای از اطلاعات بلادرنگ (Real-Time) بخش فشار ضعیف، بعنـوان گسـترده تریـن و پرتلفات ترین بخش شبکه بـرق، هیـچ چـاره ای بجز کسب اطلاعات دقیق، موثق و بلحظـه از این شبکه گسترده جهت بررسـی مشـکلات و بدنبال آن یافتن راه حل مناسب وجود ندارد. همینطــور بدلیــل لــزوم تعرفــه دار کــردن کنتورهای خانگی یک فاز و هزینه بسیار بالای تعویض کنتور های موجود و سایر نکـاتی کـه در متن مقاله به آنها اشاره گردید، تجهیز کلیـه کنتورهـای خـانگی یـک فـاز و ســه فـاز (و مشترکین نیمه صنعتـی کـه از شـبکه فشـار ضعیف تغذیه می کنند) بــه سیسـتم AMR از نظر فنی و اقتصادی نه تنها کـاملاً توجیـه دارد بلکه ضرورت آن واضح و آشکار می باشد.

ح: تشکر

بدینوسیله از هئیت علمی و اجرائی هفتمین کنفرانس شبکه های توزیع که سعی و تلاش بسیاری جهت برگزاری هرچه بهتر این کنفرانس نموده اند سپاسگزاری می گردد.

ت: فهرست منابع

- AMR/IEEE Standard for Utility & Industry End-Device Data Table.
- Public Power Magazine, Volume 50, Number 5.
- Web Site of IntraCoastal Engineering Systems (www. intracostal.net).