بسمه تعالی

هفتمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران

کد مقاله: DNEQ173

نوع پذیرش : ارائه

طراحی و پیاده‌سازی سیستم قرائت خودکار کنتور برای مجتمع‌های مسکونی و تجاری

بابک امینی

پژوهشگاه نیرو

bamini@nri.ac.ir

علی موسوی

پژوهشگاه نیرو

amoussavi@nri.ac.ir

واژه‌های کلیدی

قرائت خودکار کنتور-مجتمع‌ها-پروتکل تبادل داده-تراشه‌های برنامه‌پذیر

با پیشرفت فناوری تحولات چشمگیری در عرصه‌های مختلف پدید آمده است. صنعت برق نیز به عنوان یکی از مهمترین صنایع جهان از جمله عرصه‌های این تحول می‌باشد. دسترسی بهینه به اطلاعات مصرف مشترکین در شاخه توزیع این صنعت موضوعی بسیار با اهمیت و حیاتی است. امروزه در بسیاری از کشورها استفاده از روشهای مختلف قرائت خودکار کنتور جهت دسترسی سریع و آسان به این اطلاعات رایج شده‌است. یکی از موضوعات مهمی که در مورد سیستمهای قرائت خودکار کنتور وجود دارد هزینه‌های مربوط به پیاده‌سازی و بکارگیری می‌باشد. به همین دلیل در این مقاله چگونگی طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم قرائت خودکار کنتور برای بکارگیری در مجتمع‌ها معرفی شده‌است تا به این ترتیب هزینه کل سیستم بر روی واحدهای مختلف مجتمع سرشکن شده و امکان کاربردی نمودن طرح فراهم آید. در این سیستم از فناوری تراشه‌های برنامه‌پذیر و استانداردهای تبادل داده معتبر جهان استفاده شده‌است که جزئیات بیشتر بکارگیری آنها در این مقاله تشریح خواهد شد.

۱- مقدمه

دسترسی به اطلاعات مصرف مشترکین از گذشته تا کنون به شیوه‌های متفاوتی انجام گرفته است. از رایجترین این روشها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود :

- ✓ روش سنتی
- ✓ روش ترمینال دستی
- ✓ روش ترمینال دستی با مودم رادیویی
- ✓ روش ترمینال دستی با واسط نوری
- ✓ روش ایستگاه ثابت رادیویی
- ✓ روش خطوط برق شهر
- ✓ روش تلفنی
- ✓ روش کارت اعتباری

هر یک از روشهای فوق با توجه به شرایط مختلف اقلیمی و امکانات موجود در نقاط مختلف دنیا بکار گرفته شده‌اند. مقایسه روشهای ذکر شده و بیان مزایا و معایب مربوطه خارج از موضوع این مقاله می‌باشد. توضیحات بیشتر در مرجع [1] ارائه شده است.

در کشور ما عموما روشهای اول و دوم رایج بوده و استفاده از روشهای قرائت خودکار کنتور به ندرت دیده شده است. اما در دو دهه اخیر فعالیتهای قابل توجهی در کشورهای مختلف در این زمینه انجام گرفته‌است که می‌توان از آن جمله به کشورهای فرانسه، اسپانیا، آمریکا، انگلیس، آفریقای جنوبی و چین اشاره نمود[6],[5],[4],[3],[2].

پژوهشگاه نیرو نیز در راستای اهداف تعریف شده و به منظور کسب دانش فنی روز پیرامون این سیستمها، از سال ۱۳۷۶ اقدام به انجام پروژه های تحقیقاتی در این زمینه نمود. اولین محصول پژوهشگاه در سال ۱۳۷۸ تحت عنوان "سیستم قرائت رادیویی کنتور" تولید گردید. اطلاعات مفصل در مورد مشخصات این سیستم در مرجع [7] ارائه شده است. این سیستم هم‌اکنون با همکاری شرکت توزیع برق شمالغرب تهران در چند پست ۲۰ کیلو ولت و مشترکین مصرف سنگین در حال بهره‌برداری می‌باشد.

به دنبال پروژه "سیستم قرائت رادیویی کنتور" و به منظور کاهش هزینه بهره‌برداری جهت استفاده از این سیستم در مصارف سبک، پروژه "سیستم قرائت خودکار کنتور برای مجتمعهای مسکونی و تجاری" آغاز گردید. قسمت عمده این سیستم برای کلیه واحدهای یک مجتمع مشترک می‌باشد و به این ترتیب هزینه نهایی سیستم بر تعداد واحدها سرشکن خواهد شد.

برای رسیدن به این هدف تراشه های برنامه پذیر با فناوری FPGA[1] و پردازشگرهای خانواده میکروکنترلرها مورد استفاده قرار گرفته اند. جهت تبادل داده‌های قرائت، از راه دور نیز استانداردهای معتبر بین‌المللی بکار گرفته شده‌اند. همچنین مودمهای ارتباطی در این سیستم می‌توانند از نوع رادیویی و تلفنی باشند.

در این مقاله ابتدا تفاوتهای طراحی دو سیستم قرائت خودکار کنتور تک‌واحدی و مجتمع‌ها به طور خلاصه بیان می‌شود، سپس اجزاء مختلف سیستم قرائت خودکار کنتور مجتمع‌ها و نحوه عملکرد آنها تشریح می‌گردد.

۲- تعاریف و اصطلاحات

واحد اولیه : سخت افزاری است که با واحد ثانویه ارتباط برقرار نموده و اطلاعات مصرف مشترک را پس از قرائت در حافظه خود نگهداری می‌کند. این واحد می‌تواند به صورت سخت افزاری خاص منظوره و یا مبتنی بر بوردهای کامپیوتر مورد استفاده قرار گیرد.

واحد ثانویه : مجموعه‌ای از واحدهای واسط اندازه‌گیری و شمارش پالس کنتورها می‌باشد. این واحد در مکانی که کنتورهای مشترکین نصب شده‌اند قرار می‌گیرد.

---

[1]-Field Programable Gate Array

واحد واسط اندازه‌گیری : سخت افزاری است که اطلاعات مصرف کنتورها را دریافت و ذخیره می‌نماید. همچنین نرم‌افزار پروتکل تبادل داده نیز بر روی آن نصب می‌باشد. این سخت افزار هنگام قرائت، اطلاعات مصرف را از طریق مودم برای واحد اولیه ارسال می‌نماید. همانند واحد اولیه، واحد ثانویه نیز می‌تواند سخت‌افزاری خاص منظوره و یا مبتنی بر بوردهای کامپیوتر باشد.

مودم : دستگاهی است که وظیفه ارسال و دریافت اطلاعات در سیستم را به عهده دارد. تبادل اطلاعات بین واحد اولیه و ثانویه از طریق مودم صورت می‌پذیرد. مودمهای رایج جهت تبادل داده سیستمهای قرائت خودکار کنتور عموما از نوع رادیویی، تلفنی و خط برق شهر می‌باشند.

پروتکل تبادل داده : استانداردی است که قالب پیغامهای مبادله شونده بین واحدهای اولیه وثانویه و نحوه تبادل داده آنها را مشخص می‌کند. استفاده از این استانداردها در سیستمهای قرائت خودکار صحت تبادل داده را تضمین می‌نماید.

واحد شمارنده پالس : این واحد برای شمارش پالسهای خروجی کنتورهای پالس‌ساز در نظر گرفته شده است و تعداد پالسهای تولید شده توسط کنتورها را ثبت می‌نماید.

۳- ساختار کلی قرائت خودکار کنتور مجتمع

یک سیستم قرائت خودکار کنتور دارای اجزاء مختلفی است که با توجه به اهداف بکارگیری سیستم، دارای ویژگیهای متفاوتی می‌باشند. شکل ۱ طرح کلی سیستم قرائت خودکار کنتور برای خانه‌های تک‌واحدی و شکل ۲ طرح کلی یک سیستم قرائت خودکار برای یک مجتمع چند واحدی را نشان می‌دهد.

همانطور که مشاهده می‌شود تنها اختلاف این دو سیستم در پشتیبانی تعداد و مدار شمارنده پالس کنتورها می‌باشد. به عبارت دیگر برای ثبت پالس خروجی کنتورها در شکل ۲ واحد مشخص در ثانویه در نظر گرفته شده است.

نکته بسیار مهم در تفاوت این دو سیستم اینست‌که در سیستم قرائت خودکار تک‌واحدی برای قرائت هر کنتور یک واحد ثانویه و مودم باید در نظر گرفته شود ولی در سیستم قرائت خودکار کنتور مجتمع‌ها برای کلیه کنتورهای مجتمع تنها یک ثانویه و یک مودم در نظر گرفته می‌شود. این نکته به معنی سرشکن شدن هزینه استفاده ازیک ثانویه بر روی تعداد واحدهای مجتمع می‌باشد و به همین دلیل بکارگیری آن توجیه اقتصادی خواهد داشت.

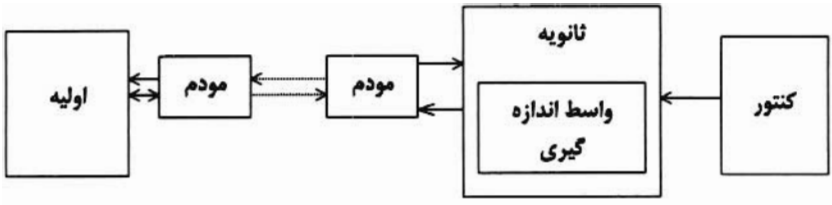
برای قرائت اطلاعات مصرف مشترک، ارتباط از طرف اولیه با ثانویه آغاز شده و نهایتا اطلاعات مورد نظر از طریق مودمهای تبادل داده و براساس پروتکل ارتباطی مبادله می‌شوند.

در ادامه مقاله، ساختار و عملکرد هر یک از اجزاء سیستم قرائت خودکار کنتور مجتمع‌ها که در پژوهشگاه نیرو طراحی و پیاده سازی شده است تشریح می‌شود.

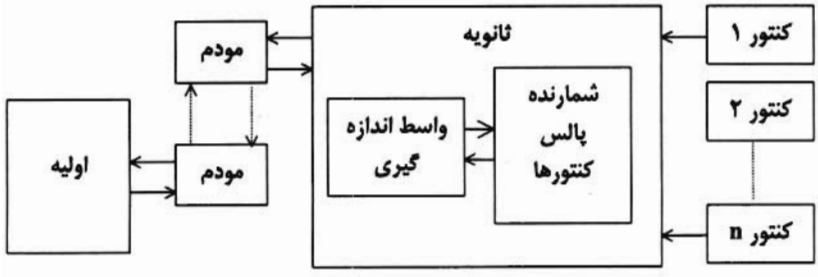
٤- پروتکل تبادل داده

عموما با توجه به مودم مورد استفاده در سیستم قرائت خودکار کنتور، پروتکل تبادل داده انتخاب می‌شود. از ویژگیهای دیگر مورد نظر برای انتخاب پروتکل تبادل داده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ✓ رایج بودن بکارگیری در سیستمهای قرائت خودکار کنتور
- ✓ قابلیت تشخیص و تصحیح خطا
- ✓ امکان تبادل داده به صورت دو طرفه
- ✓ انعطاف‌پذیری در اندازه پیغامهای مبادله شونده
- ✓ امکان پیاده‌سازی بر روی سیستمهای مبتنی بر میکروکنترلر از نظر حجم کد
- ✓ انتقال اطلاعات به صورت سریال



شکل۱ : سیستم قرائت خودکار برای خانه‌های تک‌واحدی



شکل ۲ : سیستم قرائت خودکار برای مجتمعهای مسکونی وتجاری

Layer	Protocol
Application	DLMS+ Application+ Transport+
Data Link	Data Link+
Physical	Physical+

شکل ۳ : لایه‌های استاندارد IEC62056

- ✓ امکان دسترسی به آدرسهای مشخص حافظه در ثانویه
- ✓ سرعت مناسب تبادل داده (حداقل ۱۲۰۰ بیت بر ثانیه)

با توجه به ویژگیهای فوق جهت تبادل داده با مودمهای رادیویی، مود C پروتکل IEC1107 [8] انتخاب گردید. به منظور پشتیبانی مودمهای تلفنی نیز پروتکل IEC62056 [9] پس از بررسی‌های لازم تایید و پیاده سازی گردید. این استاندارد انتقال اطلاعات از طریق شبکه تلفنی سوئیچی (PSTN[1]) را به منظور Metering تشریح می کند.در این استاندارد سه لایه اصلی Physical، Data Link و Application وجود دارد که لایه Application خود شامل ۳ زیر لایه +Transport، +Application و +DLMS می‌باشد(شکل ۳).

در لایه فیزیکی چگونگی ارسال و دریافت اطلاعات در پایین‌ترین سطح یعنی ارتباط Modem با خط تلفن بیان شده است. پروتکل استفاده شده در لایه فیزیکی، +Physical می‌باشد که به دو صورت Half-Duplex و Full-Duplex قابل پیاده سازی است. پیاده‌سازی لایه فیزیکی دراولیه و ثانویه کاملاً یکسان می‌باشد. در این استاندارد حداقل سرعت ارتباطی 1200bit/s است. چون برای ارتباط از روش غیر همزمان استفاده می‌شود اطلاعات بصورت کاراکترهای مجزا ارسال می‌شوند که هر کدام یک بیت آغاز (0) و یک بیت پایان (1) برای همزمانی گیرنده با Clock فرستنده دارند.

لایه Data Link ، لایه فیزیکی را بدون توجه به محیط ارتباطی تبدیل به یک کانال منطقی برای رد و بدل کردن اطلاعات می‌کند.وظایف اصلی این لایه عبارت است از:

- ✓ تبدیل Parallel To Serial و Serial To Parallel داده‌های فیزیکی
- ✓ همزمانی در دریافت و ارسال فریمها
- ✓ محافظت و جلوگیری از رخداد خطاهای ارسالی

لایه Application نیز از سه زیر لایه +Transport، +Application و +DLMS تشکیل شده است. ارتباط لایه +Application با لایه +Data Link از طریق زیر لایه +Transport انجام می‌شود.+DLMS نیز پروتکلی قدرتمند بر اساس نگرش شیء گرا بوده و جهت تعریف موجودیتهای مرتبط با اطلاعات مشترک در ثانویه و دسترسی به آنها از طریق اولیه مورد استفاده قرارگرفته است.

۵- واحد اولیه

یکی از اجزاء اصلی سیستم قرائت خودکار کنتور واحد اولیه می‌باشد. این واحد در برقراری ارتباط با ثانویه‌ها وظیفه جمع‌آوری و ذخیره اطلاعات آنها را به عهده دارد. انتخابهای مختلفی برای این واحد وجود دارد که هر یک دارای ویژگیهای خاص خود می‌باشند. این موارد عبارتند از:

- ✓ ترمینال دستی خاص منظوره
- ✓ Notebook
- ✓ Palm PC
- ✓ Pocket PC
- ✓ کامپیوتر شخصی ثابت

هر یک از موارد فوق برای شرایط و کاربردهای خاصی مناسب می‌باشند. با توجه به اینکه پیاده‌سازی سیستم قرائت خودکار کنتور برای مجتمع‌ها به دو صورت قرائت سیار و ثابت مورد نظر بوده‌است ویژگیهای واحد اولیه برای این دو روش متفاوت می‌باشد. ویژگیهای در نظر گرفته شده برای واحد اولیه، جهت قرائت سیار به شرح زیر بوده است:

- ✓ قابلیت حمل
- ✓ حافظه ذخیره‌سازی
- ✓ حافظه اجرایی

[1]-Public Switching Telephone Network

- ✓ قابلیت پردازش
- ✓ تامین تغذیه توسط خودرو
- ✓ قابلیت پیاده‌سازی واسط کاربر مناسب بر روی آن
- ✓ قابلیت انتقال اطلاعات به کامپیوتر مرکزی
- ✓ محافظت در مقابل نفوذ ذرات
- ✓ محافظت در مقابل لرزه
- ✓ نرم‌افزارهای کمکی

جهت قرائت خودکار کنتور از ایستگاه ثابت نیز ویژگیهای زیر برای واحد اولیه مورد نظر بوده‌است:

- ✓ حافظه ذخیره‌سازی برای اطلاعات با حجم زیاد
- ✓ حافظه اجرایی (کافی برای اجرای برنامه‌های تحت ویندوز ۹۸)
- ✓ قابلیت پردازش بالا (اجرای برنامه‌های تحت ویندوز ۹۸) و نرم‌افزارهای جانبی

پس از بررسیهای بعمل آمده و با توجه به ویژگیهای مورد نظر مذکور نهایتا کامپیوتر شخصی با قدرت پردازشی مناسب و حافظه کافی برای قرائت از طریق ایستگاه ثابت انتخاب گردید.استفاده از روش قرائت خودکار کنتور از طریق ایستگاه ثابت، جهت تبادل داده تلفنی مورد نظر بوده است.

جهت قرائت خودکار کنتور به کمک خودرو سیار نیز استفاده از یک Notebook تعیین گردید. یک Notebook با پردازشگر ٤٨٦ برای انجام این کار مناسب می‌باشد. این روش برای تبادل داده با مودم رادیویی مورد استفاده قرار گرفته است.

٦- واحد ثانویه

واحد ثانویه به مجموعه واحدهای زیر اطلاق می‌گردد.

٦-١ واحد واسط اندازه‌گیری

همانطور که ذکر گردید این واحد زیر مجموعه‌ای از واحد ثانویه می‌باشد و از یک طرف به کمک مودم با اولیه و از طرف دیگر با واحد شمارنده پالس کنتورها در ارتباط می‌باشد. وظایف این واحد را می‌توان به شرح زیر اعلام نمود :

- ✓ برنامه‌ریزی تراشه‌های برنامه پذیر واحد شمارش پالس کنتورها
- ✓ دریافت اطلاعات مصرف از واحد شمارنده پالس کنتورها
- ✓ چند تعرفه کنندگی و ماکسیمتری
- ✓ تبادل داده با اولیه و اجرای چرخه‌های پروتکل مربوطه

با توجه به موارد فوق سخت افزاری مبتنی بر میکروکنترلر برای واحد واسط اندازه‌گیری استفاده گردید. ویژگیهای زیر در طراحی این واحد مورد نظر بوده است :

- ✓ پشتیبانی ۱۲۸ کنتور
- ✓ پشتیبانی ٤ تعرفه و یک ماکسیمتری
- ✓ برقراری ارتباط با واحد شمارنده پالس کنتورها در بازه‌های زمانی مشخص
- ✓ پشتیبانی پروتکل تبادل داده
- ✓ قابلیت ایجاد تاخیرهای زمانی در تبادل داده (نیاز پروتکل تبادل داده برای تبادل پیغام)
- ✓ پشتیبانی ارتباط با مودم رادیویی
- ✓ پشتیبانی ارتباط با مودم تلفنی
- ✓ نگهداری اطلاعات مصرف در صورت قطع برق
- ✓ قیمت
- ✓ دارا بودن حافظه برنامه‌ریزی
- ✓ دارا بودن حافظه RAM
- ✓ دارا بودن حافظه داده، جهت ثبت پیشینه مصرف مشترک در طول یک ماه در بازه‌های زمانی یک ساعتی

با توجه به ویژگیهای مذکور، بلوک دیاگرام کلی طراحی واحد واسط اندازه‌گیری و ارتباط آن با سایر اجزاء واحد ثانویه در شکل ٤ ارائه شده است.

٦-٢ واحد شمارنده پالس کنتورها

همانطور که اشاره شد سیستم قرائت خودکار کنتور مجتمع از چندین قسمت تشکیل شده که یکی از آنها واحد واسط شمارش پالس کنتورها می‌باشد. این واحد از یک طرف با کنتورهای مشترکین مرتبط است و از طرف دیگر با واحد واسط اندازه‌گیری ارتباط دارد.

واحد واسط شمارش پالس خود از دو قسمت تشکیل میشود. یکی از این قسمتها، مدار مناسب‌ساز سیگنال (پالسهای کنتور) و دیگری مدار شمارش است. مدار مناسب‌ساز سیگنال بسته به نوع کنتورهایی که در مجتمعها به کار گرفته میشود، متفاوت خواهد بود. این مدار می‌تواند فقط از یک سری سیم یا مجموعه‌ای از مدارهای محافظ و مبدل تشکیل شود.

از آنجایی که تعداد کنتورهای یک مجتمع می تواند تا ۱۲۸ عدد باشد و هر یک از کنتورها شامل پالسهای خروجی مصرف هستند سخت افزار انبوهی از مدارهای مشابه مناسب‌ساز و شمارش مورد نیاز است. به همین دلیل استفاده از تراشه‌های برنامه پذیر جهت پیاده سازی برد واسط شمارش پالس کنتورها مناسب می‌باشد. وجود ابزار نرم‌افزاری مناسب برای طراحی، شبیه‌سازی، آزمون، پیاده‌سازی و توسعه مدارهای مبتنی بر این تراشه‌ها نیز از دلایل اصلی این انتخاب بوده است. ویژگیهای واحد شمارنده پالس کنتورها برای قرار گرفتن در سیستم قرائت خود کار کنتور عبارت است از :

- ✓ پشتیبانی پالس خروجی کنتورهای الکترومکانیکی (پالس جریان)
- ✓ پشتیبانی پالس خروجی کنتورهای الکترونیکی (پالس ولتاژ)
- ✓ پشتیبانی ۱۲۸ کنتور
- ✓ قابلیت برنامه‌ریزی از روی بورد
- ✓ تبادل داده با واحد واسط اندازه‌گیری
- ✓ دسترسی به اطلاعات مصرف کنتورها به صورت انتخابی

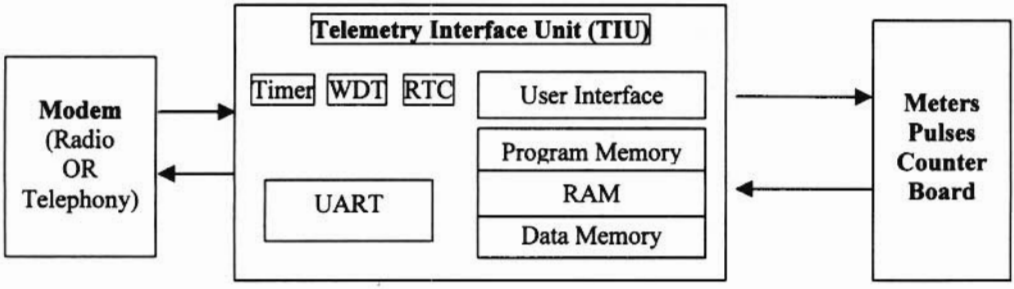
۷- نتیجه‌گیری

با توجه به پیشرفت فناوری، حرکت به سمت بکارگیری سیستمهای قرائت خودکار کنتور در کشور ما اجتناب ناپذیر می‌باشد. اما یکی از مسائل بسیار مهم چگونگی به کارگیری مقتصدانه این سیستمها است.

در این مقاله توضیحات مربوط به طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم قرائت خودکار کنتور برای مجتمع‌ها ارائه شد. نتایج بدست آمده در این مقاله عبارتند از:

- ✓ کاهش هزینه پیاده سازی سیستم قرائت خودکار کنتور برای هر مشترک با بکارگیری یک سیستم ثانویه و مودم جهت کلیه کنتورهای یک مجتمع
- ✓ کاهش ابعاد، وزن و قیمت سخت افزار سیستم با استفاده از فناوری FPGA
- ✓ افزودن قابلیت چند تعرفگی برای کلیه کنتورهای مجتمع
- ✓ بکارگیری روشهای استاندارد به روز، برای تبادل داده جهت تضمین صحت اطلاعات قرائت
- ✓ ارتباط دو طرفه با دستگاه واسط اندازه‌گیری به منظور افزودن قابلیت تغییر تعرفه‌ها
- ✓ امکان ذخیره و پردازش اطلاعات پیشینه مصرف مشترک در بازه‌های زمانی یک ماه با درجه تشخیص یک ساعت

نتایج حاصل از این تحقیقات هم‌اکنون، با همکاری شرکت توزیع برق شمالغرب، به صورت یک سیستم قرائت خودکار کنتور در دو مجتمع در حال بهره‌برداری می‌باشد.



شکل ٤ : بلوک دیاگرام واحد واسط اندازه‌گیری

قدرردانی

در اینجا لازم است از حمایت و همکاری صمیمانه مدیر محترم شرکت توزیع برق شمالغرب تهران، جناب آقای مهندس آنالویی و همچنین نماینده محترم آن شرکت در پروژه، جناب آقای مهندس بهادری قدردانی به عمل آید.

فهرست مراجع

[1] ارزیابی روشهای رایج قرائت کنتور برق باتوجه شرایط ایران- طاهره‌حسینی موسی، علی موسوی- سیزدهمین کنفرانس بین المللی برق- ۱۳۷۷

[2] K-L Xu, Q-Y Li , M-Syen, S-C Zhuang; **"An Automatic Meter Reading System (Amrs)By Mobile Radio"**; 12th International Conf. On Electricity Distribution .CIRED;P5.11/1-5.11/5,Vol.5; 1993.

[3] T.Meek , P.Chilese; **"Remote Meter Reading By Radio - A European Perspective"**; 7th Int. Conf. On Metering Aparatus And Tarrif Electricity Supply; P196-201, 1992.

[4] IEC 1142; **Data Exchange For Meter Reading Tarrif And Load Control - Local Bus Data Exchange**, 1993.

[5] IEC 1107; **Data Exchange For Meter Reading Tarrif And Load Control -Direct Local Data Exchange**, 1996.

[6] **amra** (Automatic meter Reading Association) **Trials & instalation report**, JAN1999

[7] طراحی کلی سیستم قرائت رادیویی کنتور - فاطمه پاینده‌مهر، علی موسوی- چهاردهمین کنفرانس بین المللی برق- ۱۳۷۸

[8] تبادل داده‌های قرائت خودکار کنتور با استفاده از پروتکل IEC1107- بابک امینی، علی موسوی- چهاردهمین کنفرانس بین المللی برق- ۱۳۷۸

[9]Data Exchange Using Wide Area Networks:Public Switched Telephone Network(Pstn) With Link+ Protocol,IEC62056,1998