مقاله علمی-ترویجی

توسعه مدار Remote Terminal Unit و ارسال بی‌سیم امن اطلاعات

جعفر امیدی گرگری/ گروه الکترونیک/ واحد شهرقدس/ دانشگاه آزاد اسلامی/ تهران- ایران / j.omidi@gmail.com

مژده مهدوی*/ گروه الکترونیک/ واحد شهر قدس/ دانشگاه آزاد اسلامی/ تهران- ایران / m.mahdavi@qodsiau.ac.ir

مهدی زارع/گروه الکترونیک/واحد شهر قدس/ دانشگاه آزاد اسلامی/ تهران- ایران / m.zare@gmail.com

* نویسنده مسوول

چکیده

در سیستم‌های کنترل و قدرت امروزی، یکی از مهمترین مسایل، پایش بلادرنگ سیستم به منظور حفظ شرایط کارکرد عادی و نزدیک کردن سیستم به شرایط کارکرد بهینه می‌باشد. به مجموعه سیستم‌های پایش، از واحدهای جمع‌آوری داده در پست‌ها تا سیستم‌های تله‌متری و انتقال داده و سیستم‌های کامپیوتری موجود در مراکز کنترل، سیستم‌های مدیریت انرژی گفته می‌شود. Remote Terminal Unit وسیله‌ای است که در مکان‌های دور از دسترس قرار داده می‌شود و اطلاعات خاصی را که به‌وسیله ثبت‌کننده داده و سنسورهای متصل به آن تهیه شده را به صورت کد جمع‌آوری نموده و ذخیره‌سازی می‌نماید و در صورت لزوم با اتصال به آن از راه دور می‌توان آن اطلاعات را دریافت و یا به صورت بلادرنگ مشاهده کرد. همچنین می‌توان از راه دور به این سیستم، پیام‌هایی را ارسال کرد و تغییراتی را در محل مانند روشن کردن رله جهت کنترل موتور تهویه، چراغ یا گرم کننده ایجاد نمود. نمونه‌های خارجی این دستگاه با امکانات محدود و با قیمت‌های بالا در کشور وجود دارد. در این پژوهش سعی شده است سیستمی طراحی و ارایه شود که با کمترین قیمت در مقایسه با مدل خارجی و امکانات بسیار بالاتر مانند استفاده از ارتباطات سیار و عدم نیاز به مودم خارجی، به بهبود آن اقدام شود.

کلمات کلیدی: مانیتورینگ آنلاین سیستم، ارسال بی‌سیم امن اطلاعات، ترمینال کنترلی از راه دور.

Developing a Remote Terminal Unit Circuit and Secure Wireless Transmission of Information

Jafar Omidi Gargari/ Department of Electronics/ Shahr-e-Qods Branch/ Islamic Azad University/ Tehran, Iran/ j.omidi@gmail.com

Mojdeh Mahdavi*/ Department of Electronics/ Shahr-e-Qods Branch/ Islamic Azad University/ Tehran, Iran/ m.mahdavi@qodsiau.ac.ir

Mahdi Zare / Department of Electronics/ Shahr-e-Qods Branch/ Islamic Azad University/ Tehran, Iran/ m.zare@gmail.com

*corresponding author

Abstract

One of the most important issues in the modern control and power systems is real-time monitoring of the system to maintain normal operating conditions and bring the system closer to optimal operating conditions. The set of monitoring systems, from data collection units in substations to the telemetry, data trans-

mission systems and computer systems in control centers is called the energy management systems. RTU is a device that is placed in places out of reach, it collects and stores certain information provided by the registrar and sensors connected to it in the form of codes, and it can be connected remotely if necessary to receive information or see it in real time. It is also possible to send messages remotely to the system and make changes to the location, such as turning on the relay to control the air conditioning system, lights or heater. There are foreign examples of this device with limited facilities and high prices in Iran. In this study, an attempt has been made to design and present a system that can be improved at the lowest price compared to the foreign model and with much higher features such as the use of mobile communications and the lack of need for an external modem.

Keywords:: Real-time monitoring, Secure Wireless Transmission of Information, Remote Terminal Unit

۱-مقدمه

در دهه‌های اخیر، خودکارسازی با ابعاد مختلف به زندگی بشریت پیوند خورده و همانند یکی از شاخه‌های بسیار پویا در بین سایر تخصص‌های فنی، تلاشی است که در راستای انجام بسیاری از امور و هدایت و کنترل آن‌ها بدون دخالت مستقیم کاربر انجام می‌شود که در دو مقوله تولید و کنترل فرآیند کاربرد دارد. در یک پروژه خودکار؛ به نظارت انسانی، احتیاجی نیست و خطاهای بشری ناشی از نداشتن آموزش لازم، حذف خواهد شد. هم‌اکنون توسعه سامانه‌ها و افزایش حجم داده‌های ورودی- خروجی در فرایندهای صنعتی موجب شده تا به‌کارگیری یک پروتکل استاندارد و سازگار با شرایط محیطی شبکه‌های صنعتی نوین، از اهمیت بالایی برخوردار باشد. خودکارسازی صنعتی، به‌عنوان یک‌رشته نوین، همواره جایگاه چشمگیری را در فناوری‌ها داشته است[۱،۲]. سیستم صنعتی Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)، سامانه‌ای نرم‌افزاری است که به پروسه کنترل و تبادل داده‌ها نظارت دارد و با نصب بر سخت‌افزار، نقش یک واسط را ایفا می‌کند. سیستم اسکادا مزایای عدیده‌ای در راه‌اندازی و نظارت دارد و تغییرات جزئی را برای عملکرد بهینه و باکیفیت ایجاد می‌نماید [۳،۴].

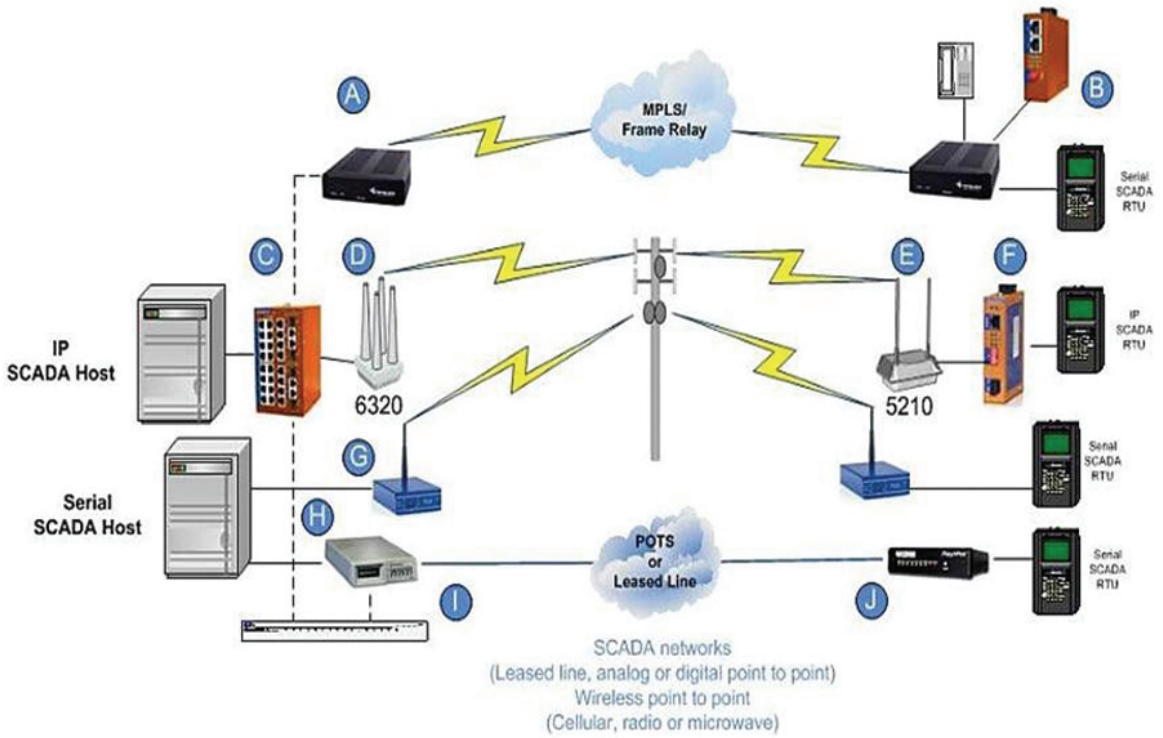
در شکل (۱)کاربردهای گسترده سیستم اسکادا به‌صورت نمادین به نمایش در آمده است. سامانه‌های صنعتی اسکادا در کارخانه‌ها برای کنترل فرآیندهای گوناگون و نظارت بر تبادل داده و کنترل آنها استفاده می‌شوند[۵]. سامانه‌های اسکادا در پردازشگرهای صنعتی نظیر صنایع فولاد، نیروگاه‌ها، تولید و توزیع انرژی، برق اتمی و معمولی، صنایع شیمیایی و تجهیزات آزمایشگاه‌های اتمی و ... که تعداد ورودی و خروجی آن‌ها زیاد است، به‌کار گرفته می‌شود [۲]. ضرورت وجود یک پروتکل ارتباطی که بتواند وسیله‌های مختلف در یک سامانه را به‌صورت Slave/Master و یا Client/ Server به یکدیگر ارتباط دهد، موجب شد تا شرکت Modicon در سال ۱۹۷۹ به طراحی و پیاده‌سازی پروتکلی نظیر MODBUS مبادرت نماید که علاوه بر اینکه مطابق استانداردهای شبکه‌های صنعتی باشد، بتواند با برقراری ارتباط بین سامانه‌های هوشمند به تجزیه و تحلیل پیام‌های صادره توسط اجزای یک سامانه بپردازد. پروتکل MODBUS یک پروتکل صنعتی رایج جهت استفاده در سامانه اسکادا است که زمینه ایجاد ارتباط بین اجزای هوشمند سیستم کنترل (در سامانه‌های خودکارسازی) همراه با ویژگی‌هایی نظیر قابلیت انعطاف، اطمینان بالا و مقرون به صرفه بودن را فراهم می‌نماید [۶،۷].

تبیین شبکه صنعتی و پروتکل شبکه صنعتی از تلفیق چندین حسگر (Sensor) و عملگر (Actuators) در یک پروسه صنعتی و یک سیستم تجزیه و تحلیل‌کننده داده‌های ورودی و پردازش آن‌ها و ارسال پیام‌های مقتضی به عملگرها، پدید می‌آید[۸]. شبکه‌های صنعتی شامل چهار جزء اصلی ادوات دریافت داده‌های ورودی به سیستم، ادوات ارسال داده‌های پردازش‌شده، اعمال آن‌ها به محرک‌ها و درنهایت ادوات پردازشگر داده‌ها می‌باشد. از دیدگاه نرم‌افزاری، به مجموعه قوانینی که میان اعضای یک شبکه با هدف تبادل درست داده، برقرار است، پروتکل گویند. به‌طورکلی یک پروتکل برای شبکه تعیین می‌کند که جهت ارتباط و تبادل داده‌ها از چه رابط‌های سخت‌افزاری استفاده می‌شود. تعیین ماهیت پیام‌ها و دستورات تبادل شده میان اعضای شبکه (ولتاژ، جریان، فرکانس)، ارسال و دریافت داده‌ها (آدرس‌دهی - رمزگذاری) و همچنین تعیین بسته‌های داده جهت انتقال (بیت‌ها، بایت‌ها، کاراکترها) و لایه‌بندی داده‌های انتقالی را نیز برعهده دارد. در کامل‌ترین درک امروزی، اصطلاح اتوماسیون و هوشمندسازی اشاره دارد بر:

- مکانیزه کردن و جمع‌آوری دریافت متغیرهای محیط (به‌وسیله حسگرهای مصنوعی)
- پردازش داده‌ها و تصمیم‌گیری (به‌وسیله رایانه)
- عمل مکانیکی (به‌وسیله موتور یا وسیله‌ای که نیروها را به محیط اعمال می‌کند)
- عمل اطلاع‌رسانی به‌وسیله مخابره داده‌های پردازش‌شده با افراد

برخی دیگر از مزایای اتوماسیون عبارت است از افزایش سطح بهره‌وری، سرعت و دقت تولید و قابلیت اطمینان فرآورده‌ها و محصولات، کاهش تغییرپذیری فرآیندها، دستیابی به کیفیت پایدار، کاهش هزینه‌های تولید، کنترل و نظارت، افزایش سطح انعطاف‌پذیری، افزایش سطح ایمنی در صنایع، کاهش میزان مصرف منابع، دقت در انجام فعالیت‌ها، استاندارد نمودن خروجی‌ها و کاهش هزینه‌های عملیاتی.

واژه اسکادا به فرآیند کنترل و تبادل داده‌ها اشاره دارد. شایان‌ذکر است که این سامانه، تحت سیستم‌عامل‌های Linux, NT, Unix, Windows قابل اجرا است. لایه اساسی سیستم اسکادا به دو سطح تقسیم می‌شود، لایه فراهم‌کننده داده‌های اولیه و لایه سرور که فرآیند کنترل پردازش داده‌ها را به عهده دارد. لایه سرور با تجهیزات کنترل‌کننده‌هایی چون PLC در ارتباط بوده و یا از طریق شبکه‌ها و یا Fieldbus به تجهیزات Data Server متصل می‌باشد. همچنین Data Server به سایر ادوات و جایگاه‌های مورد استفاده از طریق اینترنت LAN متصل می‌باشند. یک‌لایه Data Server می‌تواند چندین پروتکل نقل و انتقال را تحت پوشش قرار دهد. محصولات تولیدشده سیستم SCADA جهت نقل و انتقال داده‌ها در PLC از Fieldbusهایی همانند MODBUS



شکل ۱: نمایش نمادین کاربردهای گسترده سیستم SCADA [۵].

استفاده می‌کند[۹].

ارتباط بین اجزای مختلف سامانه به دو صورت Slave/Master و Client/Server و از طریق درگاه شبکه صورت می‌گیرد. در ارتباط نوع Master/Slave تنها یک سامانه Master قادر به آغاز ارتباط با بقیه اجزای سامانه است و بقیه اجزای سامانه، با فراهم کردن داده لازم، به درخواست Master پاسخ می‌دهند. هر وسیله جانبی اعم از حسگرهای ورودی/خروجی، دستگاه‌های اندازه‌گیری، شیرهای کنترل و ...که به پردازش اطلاعات پرداخته و توسط MODBUS اطلاعات را به‌Master ارسال می‌کند، Slave نامیده می‌شود [۹،۱۰]. پروتکل صنعتی MODBUS و آدرس‌دهی در آن علاوه بر کاربردهای ذکرشده، در هوشمندسازی و اتوماسیون خانگی هم مورداستفاده قرار می‌گیرد.

می‌توان خاطرنشان کرد که نهادینه شدن دانش خودکارسازی و به‌کارگیری آن در کلیه سطوح، اعم از صنایع و سازمان‌های خدماتی مختلف و مهم‌تر از همه هوشمندسازی خانه‌ها در کشور، یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود. در ادامه مقاله و در بخش ۲ به توضیحاتی در مورد RTU و سوابق تحقیقاتی آن می‌پردازیم و در قسمت ۳ به بیان بخش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مدار پیشنهادی، خواهیم پرداخت، در نهایت نیز مزایای سیستم پیشنهادی نسبت به دستگاه‌های مشابه خارجی و نتیجه‌گیری آمده است.

۲-ترمینال‌های کنترلی از راه دور (RTU)

به‌علت عدم حضور انسان در موقعیت‌های مختلف جغرافیایی اعم از بیابان‌ها، کوه‌ها، مناطق صعب العبور، همچنین هزینه بالای حضور انسان در این مناطق و اهمیت اندازه‌گیری بعضی پارامترها مانند اندازه‌گیری جریان عبور از لوله‌های نفتی، پارامترهای اندازه‌گیری در پست‌های فشار قوی برق و اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی از قبیل دما، رطوبت و فشار، مدار ثبت‌کننده داده (Data Logger) با قابلیت اندازه‌گیری و ذخیره اطلاعات، طراحی گشت. اما انتقال این اطلاعات با کمترین هزینه و با کمترین تلفات، می‌تواند موضوعی برای ایجاد شبکه ترمینال‌های کنترلی از راه دور (RTU) باشد [۱۱].

با توجه به اینکه در برخی سیستم‌های SCADA مانند تاسیسات آب، فرض اساسی براین اساس استوار است که کلیه توابع حفاظتی و بسیاری از توابع کنترلی، در محل تاسیسات انجام پذیرد و قطع ارتباط مخابراتی تاثیری در این موضوع نداشته باشد، در انتخاب بین RTU و PLC، به‌دلایل مختلف تجهیزات PLC توصیه می‌گردد[۱۰].

RTUهای مناسب برای این نوع طرح‌ها، از نوع مدولار می‌باشد که امکان توسعه حجم اطلاعات که ممکن است در آینده مورد نیاز باشد را دارا هستند. همچنین این RTU ها باید قادر به اجرای توابع کنترلی نیز باشند. هزینه‌های تهیه و اجرای این نوع RTU ها از مجموع هزینه‌های PLC و رابط‌های مخابراتی مشابه بیشتر است. علت مهم دیگر ترجیح PLC بر RTU در برخی سیستم‌ها، عدم وجود پشتیبانی‌های فنی و خدماتی کافی این نوع تجهیزات در بازار کشور است. در بازار ایران، مارک‌های معتبر PLC مانند Siemens, Telemechanique, Omron,Allen-Bradly،... کاملا شناخته شده‌اند و سرویس‌های فنی و خدماتی آنها توسط مجموعه‌های مختلف مهندسی و بازرگانی تامین می‌گردد و وابستگی چندانی به مجموعه‌های خاص خارجی نمی‌باشد. حال آن‌که در صنعت ایران، سابقه استفاده از RTU ها هنوز چندان زیاد نمی‌باشد و همچنین مارک‌های معتبر در عرصه تولید و اجرا با RTU در آن پا نگرفته‌اند. مضاف براینکه، حتی معدود مارک‌های موجود نیز، توسط یک مجموعه عموما بازرگانی و نه فنی، پشتیبانی می‌گردد. در ادامه به سوابق تحقیقاتی و عملی که در گذشته برای طراحی و ساخت این دستگاه بکار گرفته شده است، می‌پردازیم:

در مراجع [۹] و [۱۲] از RTU در بهبود شبکه‌های قدرت استفاده شده است. عملکرد تجهیزات حفاظتی در پست‌های قدرت و مراکز دیسپاچینگ، اساسا کارکرد سیستم حفاظت، نحوه کنترل و نظارت شبکه های انتقال را تغییر داده است تا تشخیص خطا، هرچه دقیق‌تر و سریع‌تر انجام شود. با وجود این پیشرفت، گاهی درصورت عملکرد ناصحیح این تجهیزات، احتمال خطاهای چند گانه پیش می‌آید که برای تشخیص آن به دقت وتجربه بالا نیاز است و یا به سیستمی که بتواند سیستم حفاظت و پایش را تحت کنترل در آورد.

در مراجع [۱۳،۱۴] طراحی و توسعهRTU بی‌سیم به‌نام WRTU برای سیستم های اتوماسیون SCADA انجام شده است. این پروژه برای صنایع گاز و نفت طراحی شده است. در این پژوهش از هسته مرکزی ARM و از ماژولCortex M4 استفاده شده است. همچنین از GPS نیز برای موقعیت‌یابی دقیق پشتیبانی بهره برده‌اند. اطلاعات ارسالی در یک پورتال جامع جمع آوری و در اختیار کاربر قرار می‌گیرد.

در مرجع [۱۵] طراحی و ساخت RTU با کاربرد پایش سیستم‌های پزشکی بر پایه سنسورها و ارتباط GPRS مدنظر بوده است. هر کاربر می‌تواند به طور بلادرنگ، اطلاعات فیزیولوژی مربوط به سنسورهای پزشکی را مشاهده نماید. در صورت ایجاد مشکل کاربر قادر خواهد بود به سیستم مرکزی از طریق شبکه دسترسی پیدا کند و مدیریت اطلاعات و سیستم‌ها را برعهده گیرد.

در مرجع [۱۶] تحلیل خطا در سیستم‌های SCADA مورد بررسی قرار گرفته است. یک سیستم SCADA از تعدادی واحدهای ترمینال از راه دور برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده می‌کند و ارسال آن را به یک ایستگاه اصلی، از طریق یک سیستم ارتباطی میسر می‌سازد. اگر پردازنده نتواند کار خود را به درستی انجام دهد، تجهیزات و یا فرایند نظارت آن غیر قابل دسترس خواهد شد. این مقاله پیشنهاد یک طرح برای حل این مشکل را ارایه می‌دهد. هر RTU شامل دو پردازنده شده که در صورت شکست یک پردازنده، پردازنده دیگر می‌تواند وظایف پردازنده اصلی را انجام دهد.

در مرجع [۱۷] امنیت پورت‌های سیستم‌های اتوماسیون اسکادا در ارتباط بی‌سیم، مورد بحث قرار می‌گیرد، در این مقاله مناطق دور افتاده صنعتی یا تجاری را می‌توان تحت نظارت و کنترل از طریق سیستم‌های بی‌سیم در آورد. سنسورهای مختلف، پارامترهای موردنیاز را اندازه‌گیری کرده و انتقال آن به کنترل از راه دور از طریق واحد ترمینالRTU میسر می‌شود. RTU تمام اطلاعات در پایگاه داده خود را ذخیره و در صورت درخواست به مرکز کنترل در فرمت پروتکل MODBUS ارسال می‌کند. هر بسته قبل از ارسال بر روی شبکه با استفاده از یک الگوریتم پیشرفته رمزگذاری، کدگذاری شده که این امر منجر به ارتباطات امن‌تر و همچنین جلوگیری از حمله مزاحمان می‌گردد.

در مرجع [۱۸] یک سیستم موقعیت‌یابی و کنترل از راه دور بر اساس SCM و SIM508 مورد مطالعه قرار گرفته است. از آنجا که از طیف گسترده‌ای از شبکه GPRS استفاده شده، این سیستم می‌تواند موقعیت و کنترل در فاصله بسیار طولانی در زمان واقعی را در اختیار قرار دهد. این فناوری می‌تواند در کروز اتوماتیک، اکتشاف بدون سرنشین، امداد و نجات و راهنمایی از سلاح و... استفاده شود.

در مرجع [۱۹] سیستم جمع آوری داده‌ها و پیش‌بینی راه دور برای مسافت‌های طولانی نظارت بر لوله‌های گاز طبیعی مورد بررسی قرار گرفته است. سیستم ایجاد شده در حقیقت یک سیستم بدست آوردن داده از طریق بی‌سیم می‌باشد که در بسیاری از مکان‌ها مانند سازه‌های پایش و یا مطالعات محیط زیستی و ارتباطی کاربرد دارد. در این مقاله از GPRS به‌عنوان انتقال‌دهنده اطلاعات استفاده شده است. واحد ترمینال داده، اطلاعات مربوط به سنسورهای نصب شده برروی لوله‌های گاز را جمع آوری نموده و این اطلاعات را با GPRS به سرور مرکزی ارسال می‌کند. در سرور نیز اطلاعات پردازش شده و از طریق وب در اختیار افراد خبره قرار داده می‌شود و موارد غیرعادی، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در طول چند سال عملیاتی بودن این سیستم، قابلیت بالای آن مشخص شده است.

در مرجع [۲۰] طراحی و توسعه هوشمند واحد ترمینال از راه دور به عنوان یک تکنیک اتوماسیون برای عوامل مختلف مطرح شده است. ارتباطات طرح پیشنهادی از طریق سیستم سامانه جهانی ارتباطات سیار (GSM) می‌باشد. نظارت خودکار و کنترل رله با استفاده از GSM و خدمات سرویس پیام کوتاه، به‌وسیله یک میکروکنترلر (PIC18F77A) و یک مودم GSM فراهم شده و ارسال هشدارها به‌وسیله پیامک به پرسنل مدنظر بوده است.

۳- طراحی و ساخت سامانه پیشنهادی

این دستگاه با استفاده از راهکارهای موجود در کشور ساخته شده و در آن سعی شده تا از ارزان ترین تجهیزات استفاده گردد، که در عین حال با قیمت مناسب، نسبت به نمونه خارجی قابلیت بالاتری را نیز فراهم نماید.

در این سامانه، قابلیت ارسال و دریافت فرمان به دو صورت امکان‌پذیر است. زمانی که RTU، خود دارای یک IP ایستا می‌باشد که از طریق شبکه و با نرم‌افزار ارسال فرمان، می‌توان به آن فرمان داد. همچنین به مرکزی که دارای IP ایستا می‌باشد، می‌توان فرمان و اطلاعات را ارسال نمود.

زمانی‌که طرح دارای IP ایستا نیست، مقصد باید دارای IP ایستا باشد و با اتصال RTU به مقصد، یک IP در اختیار آن قرار می‌دهد و تا زمانی‌که اپراتور، سیمکارت IP را عوض نکند، امکان دریافت و ارسال فرمان وجود دارد.

طراحی این دستگاه از بخش سخت‌افزاری، نرم‌افزاری و همچنین بخش تنظیمات بلادرنگ تشکیل شده است که در ادامه به توصیف هرکدام از این بخش‌ها می‌پردازیم:

۱- بخش سخت‌افزاری

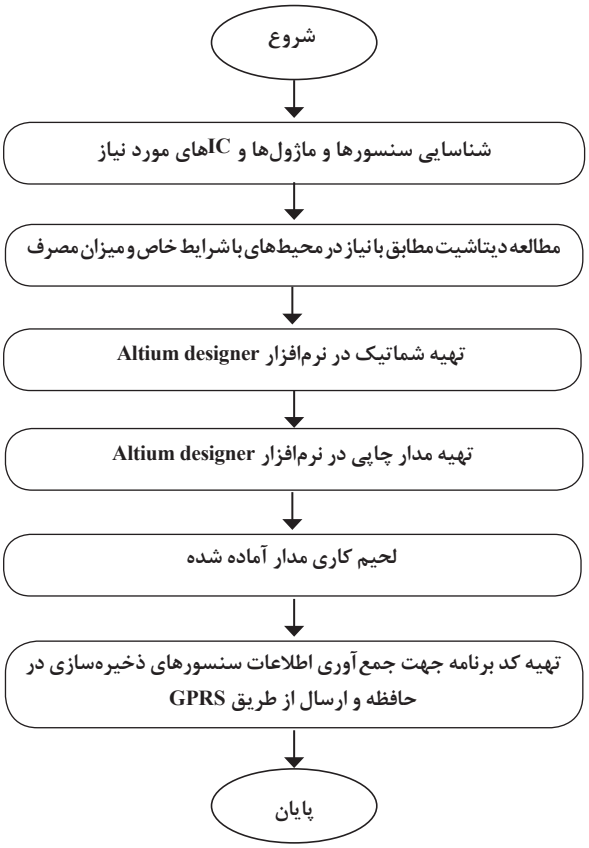
به‌طور کلی اهداف جزیی که ما را به هدف اصلی طراحی می‌رساند در چند بخش زیر می‌توان خلاصه کرد:

- جمع آوری اطلاعات به‌وسیله مدارهای طراحی شده به‌وسیله سنسورهای دما، رطوبت و ... با خروجی های مناسب.
- ذخیره اطلاعات به صورت بلادرنگ در یک حافظه CARD SD به‌طوریکه این اطلاعات از بین نرود و قابل دسترس باشد.
- مداری که بتواند اطلاعات را از طریق یک سیم‌کارت که بر مدار نصب می‌شود باGPRS به مقصد خاصی ارسال نماید.
- اطلاعات بصورت آنلاین به‌وسیله نرم‌افزار متلب قابل نمایش باشد. به‌طوری کهRTU به کامپیوتر از طریق پورت USB وصل شود.
- سیستم در محل باز، نصب شود به‌طوری‌که بتواند سیگنال‌های ماهواره‌های GPS را دریافت کند. Ublox، ماژول انتخابی برای تعیین موقعیت سیستم می‌باشد که دارای آنتن ویژه دریافت سیگنال‌های ماهواره‌ای GPS است.

فلوچارت کلی بخش سخت‌افزاری، در شکل (۲) به نمایش آمده است.

در این پروژه از سنسورهای دیجیتال SHT11 به‌عنوان حسگر دما و رطوبت استفاده شده است. این سنسور دارای دقت دمای ۰,۴

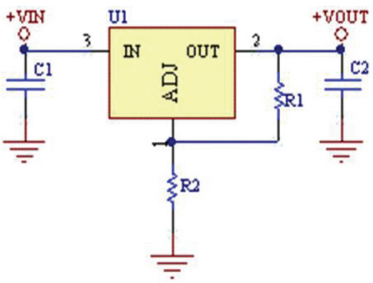
درجه می‌باشد و دقت رطوبت آن ۳% است. طریقه اتصال آن به میکروکنترلر مرکزی به صورت I2C یا 2wire می‌باشد و به‌صورت دیجیتال، اطلاعات از سنسور دریافت می‌گردد. برای زمان‌هایی که برحسب کاربرد، دقت دمایی بالا مورد نیاز است، از سنسور PT1000 استفاده می‌شود که یک سنسور مقاومتی است و می‌تواند دمای ۲۰۰- تا ۸۵۰ درجه سیلسیوس را اندازه‌گیری نماید و در این محدوده می‌تواند دقت از ۰,۴ تا ۰,۰۱ نیز داشته باشد.



شکل ۲: فلوچارت سخت افزاری دستگاه پیشنهادی

در این پروژه بدلیل ارزان بودن استفاده از GPRS یا APN از سیم‌کارت‌های ایرانسل، استفاده شده است. استفاده از سایر اپراتورها کاملا مشابه بوده و در برنامه‌نویسی داخلی میکروکنترولر باید APN آن اپراتور اضافه شود. ماژول SIMCOM برای اتصال به اپراتور انتخاب شده است که در بازار ایران به وفور یافت می‌شود و از SIM900 یا SIM800 در این پروژه استفاده شده است. با علم به این‌که سیستم دارای مصرف کمی است، ولی برای اطمینان، منبع برق در محل موجود است که این منبع می‌تواند از سلول خورشیدی یا باتری تامین گردد. جریان مصرفی مدار طراحی شده در مواقع عادی تا 200 mA می‌باشد و در مواقع خاصی مانند آنتن‌گیری از اپراتور به ۲A در چند ثانیه می‌رسد. بدلیل وجود جریان‌های لحظه‌ای، باید از مدار تغذیه مناسب استفاده نمود. در این مدار از رگولاتور-۵ LM2576 برای تغذیه مدار و LM2576-adj برای تولید تغذیه ۴ ولت جهت راه‌اندازی SIM900 استفاده می‌شود که در شکل (۳) نمایش داده شده است.

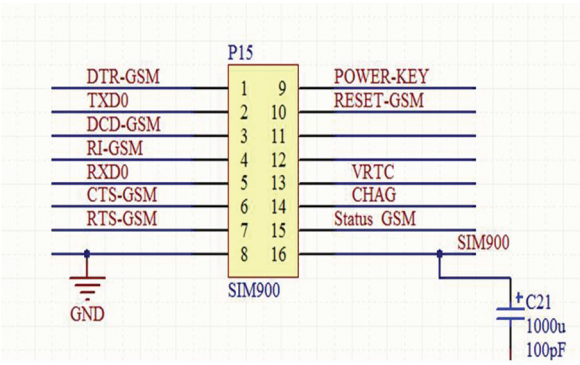
در این دستگاه دو روش طراحی برای تغذیه تعبیه شده است که یکی برای حالت اضطراری یا همان باتری است و روش دوم از طریق تغذیه خارجی است و سخت‌افزار پیشنهادی به هر دو حالت تجهیز شده است. این مدار از طریق تنها یک باتری ۳,۷ ولت از نوع لیتیوم که دارای ۳۸۰۰ میلی‌آمپر ساعت قدرت است به‌عنوان تغذیه اصلی استفاده می‌کند و بدون استفاده از آداپتور مدار را راه‌اندازی و تامین جریان می‌نماید. در اکثر مدارهای الکترونیکی به دو ولتاژ ۵ ولت و ۳,۳ ولت نیازمندیم و به‌طور معمول از طریق رگولاتور به آن‌ها دست می‌یابیم، اما به‌دلیل تلفات زیاد رگولاتور و دسترسی به باتری و همچنین تغذیه مناسب ۴ ولت برای ماژول، از این روش صرفنظر می‌کنیم. در ابتدا از یک بوستر قدرت که دارای هسته LM 2577 ADJ است استفاده نموده که ولتاژ ۵ ولت را به‌عنوان VCC به مدار می‌دهد و همین‌طور برای ساختن ۳,۳ ولت از یک کاهنده با هسته‌ی LM ۲۵۹۶ استفاده می‌نماییم. در شکل (۴) طراحی تغذیه را با توجه به توضیحات فوق مشاهده می‌نمایید.



شکل ۳: مدار تغذیه مناسب برای دسترسی به تغذیه ۴ ولت

در این پروژه از پردازنده قوی ATMEGA2560 استفاده‌شده است که شامل ۱۰۰ پایه بوده و از فناوری SMD بهره می‌برد، دلایل استفاده از این پردازنده، دارا بودن پورت‌های زیاد جهت کارایی، وجود چهار حس‌گر که به‌صورت سریال با میکرو ارتباط برقرار می‌کنند و داشتن حافظه فلش بالا جهت افزودن درجه آزادی به برنامه‌نویسی است.

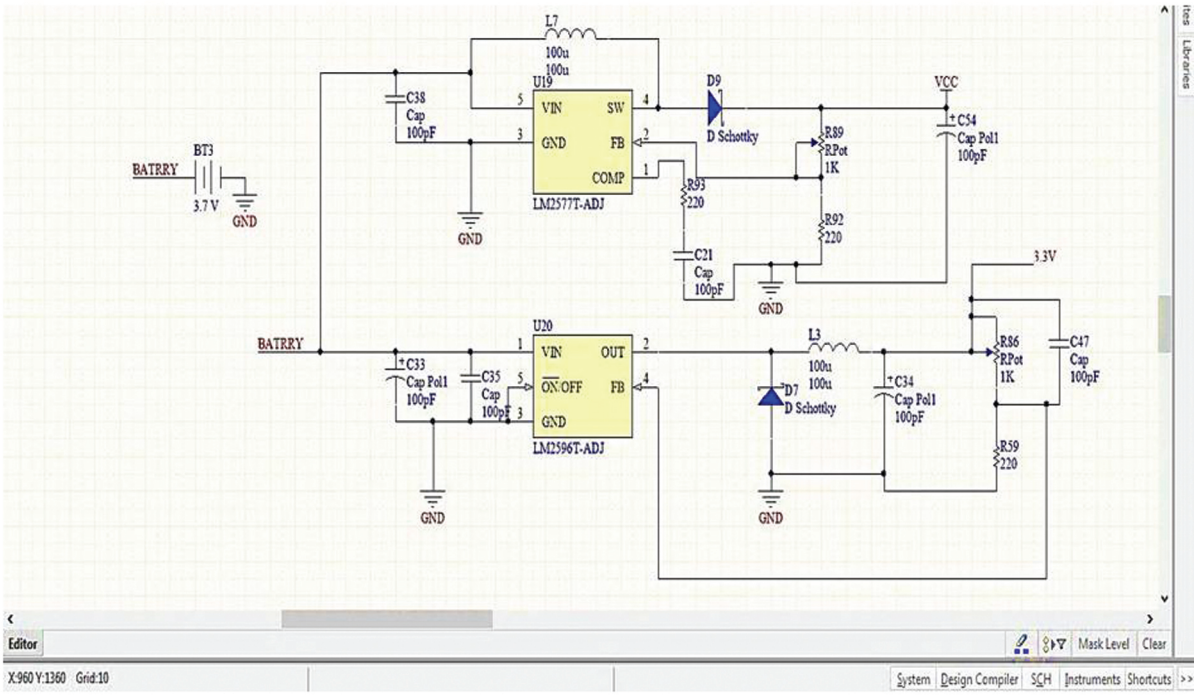
در این پروژه با ماژول‌های ذخیره کننده SD CARD، ارتباط با رایانه از طریق FT232 RL و همچنین دسترسی به موقعیت از طریق ماژول GPS بهره می‌بریم. به‌منظور ارتباط هوشمند سامانه با کاربر از طریق سیم‌کارت، از ماژول SIM900 استفاده می‌شود که در شکل (۵) به نمایش آمده است.



شکل۵: مدار جداگانه SIM900

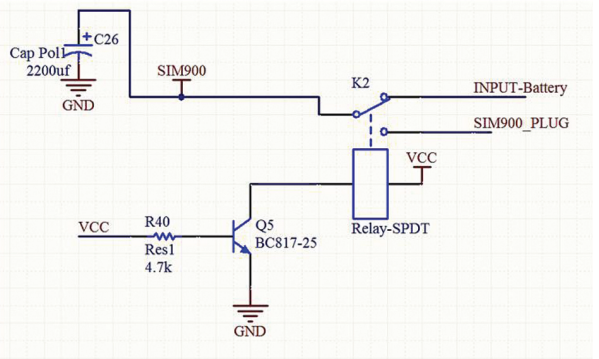
به‌منظور افزایش قدرت انتخاب در امر تغذیه سامانه، طراحی سامانه را هوشمند می‌نماییم، برای این‌منظور یک رله با قدرت بالا انتخاب نموده که هرگاه تغذیه خارجی به سامانه متصل شد، به‌صورت خودکار تغذیه از باتری به آن سویچ کند. مدار قطع تغذیه در شکل (۶) به نمایش آمده است.

در طراحی این دستگاه از آی سی DS 1307 جهت ذخیره زمان

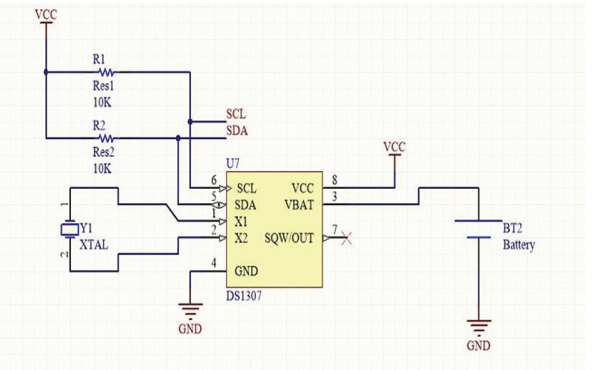


شکل ۴: مدار تغذیه و باتری

به‌صورت دائمی استفاده شده است. یک باتری که مجزا از تغذیه مدار است و حتی با قطع برق، به کار خود ادامه می‌دهد، در این مدار استفاده شده است. مدار ذخیره زمان به‌صورت دائمی در شکل (۷) به نمایش آمده است.



شکل۶: مدار قطع تغذیه



شکل۷: مدار ذخیره زمان

۲-بخش نرم افزاری

نرم افزار مربوطه باCode vision نوشته شده است و می‌توان آن را به صورت hex در میکروmega2560 با کریستال ۱۱,۰۵۹۲ برنامه‌ریزی نمود. در شکل (۸)فلوچارت کلی بخش نرم‌افزاری مشاهده می‌شود.

ارتباط سامانه به‌صورت پیامک به‌وسیله آنتن مخصوص این فرایند صورت می‌گیرد که با برنامه‌نویسی قادر به ارسال پیامک به شماره همراه خواهیم بود. ارتباط نرم‌افزار متلب با پورت سریال به‌صورت بلادرنگ است که از طریق پردازنده دستگاه به‌صورت سریال، اطلاعات حسگر، از قبیل موقعیت، رطوبت، دما، پیامک، کارت حافظه، همچنین زمان و تاریخ ارسال می‌شود.

۳-پیاده‌سازی الگوریتم بلادرنگ

ارسال اطلاعات در این دستگاه به صورت بلادرنگ است و زمان‌بندی ارسال در داخل محصول RTU می‌باشد که دارای ساعت داخلی دقیق است، البته این امکان وجود دارد که با ارسال پیامی از سوی بهره‌بردار این مقدار عوض شود. به‌منظور ارتباط دستگاه با محیط نرم‌افزار باید نوعی برنامه‌نویسی مربوط به ارتباط بلادرنگ انجام شود. ارتباط برنامه متلب با پردازنده به صورتی است که برای ارسال داده‌ها از سمت میکروکنترلر به سمت رایانه یا همان پورت سریال، در ابتدا منتظر فرمان رایانه می‌ماند. این الگوریتم بلادرنگ دارای سه فرمان است که اولی برای دریافت اطلاعات حس‌گر دما، رطوبت، موقعیت و زمان است، دومی برای ارسال پیامک برای شماره موردنظر است که در کادر مرکز وارد می‌شود و سومی برای ذخیره اطلاعات در کارت حافظه است.

ارتباط در نرم افزار متلب به‌صورت کد نمونه در شکل (۹) نشان می‌دهیم.

اگر قسمت مربوط به پیامک فعال و شماره مربوطه وارد شود، هر چند ثانیه یک بار، داده‌ها به شماره تلفن همراه مورد نظر ارسال می‌گردد. در صورتی که قسمت ذخیره‌سازی فعال شود، اطلاعات در کارت حافظه ذخیره می‌گردد.

نمایی از دستگاه نهایی پیاده‌سازی شده، در شکل (۱۰) آمده است.

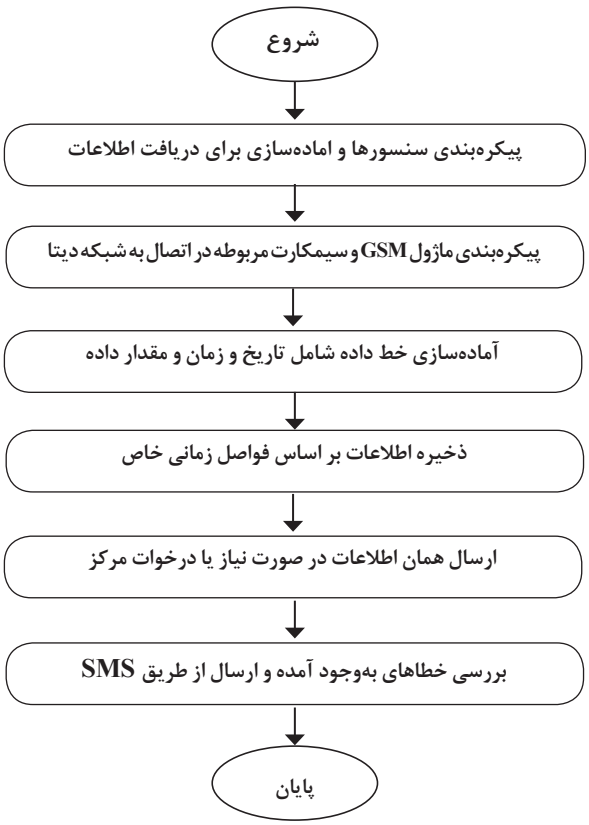
برخی از مزایای دســتگاه ساخته شده نسبت به نمونه خارجی موجود در بازار، عبارت است از:

- بــا توجه به این‌که این دســتگاه قادر به پذیرش انواع سنســورهای آنالوگ و دیجیتال می‌باشــد دیگر نیازی به اســتفاده از ثبت‌کننده داده نیست.
- بــا توجه به اینکه مودم داخلی برای RTU در این دســتگاه در نظر گرفته شده است، دیگر نیازی به استفاده از مودم خارجی نیست.
- از ماژول‌ها و قطعات ارزان قیمت، استفاده شده است بصورتی که در بازار ایران، دسترسی به آنها به آسانی فراهم است.
- سرویس GPRS به‌صورت دایمی در دسترس است.
- در صورتی که این دســتگاه داخل یک جعبه با طراحی مناسب قرار گیرد، بسیار کوچک و قابل حمل می‌باشد.
- در طراحی و ســاخت مدار موردنظــر از ماژول‌های GPS و GPRS اســتفاده شــده اســت، ولی محصول به گونه‌ای طراحی نشده که هریــک از قســمت‌های مختلــف آن را بتــوان درصورت خرابی با جداکــردن، جایگزین کرد. این روش، پیشــنهاد خوبی برای تولید انبــوه محصول بصورت تجاری اســت و می‌توان در بهبود طرح‌های آتی، از این روش بهره برد.

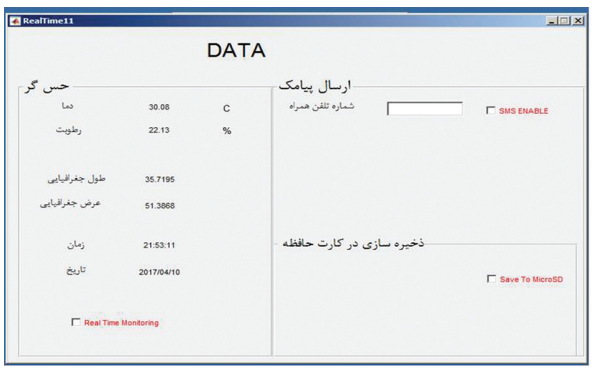
دســتگاه طراحی شده نسبت به بســیاری از نمونه‌های خارجی مورد پژوهش در گذشــته (از لحاظ سرعت و حجم ذخیره اطلاعات نسبت به مرجع[۱]، هزینه اقتصادی نســبت به مرجع [۶]، عدم اســتفاده از FPGA به‌دلیــل الگوریتم پیچیده و هزینه بالا نســبت به مرجع [۷]، استفاده از ماژول ارزان قیمت به‌جای ماژول SIM508 نسبت به مرجع [۱۹]) دارای مزیــت عمده ای اســت. می‌توان خاطر نشــان کرد که نهادینه شدن دانش هوشمندسازی و به‌کارگیری آن در کلیه سطوح، یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر در صنعت کشور عزیزمان محسوب می‌شود و در این مقاله با بهبود سیســتم RTU به بومی‌سازی این دستگاه در کشور، پرداخته شد.

۴- نتیجه‌گیری

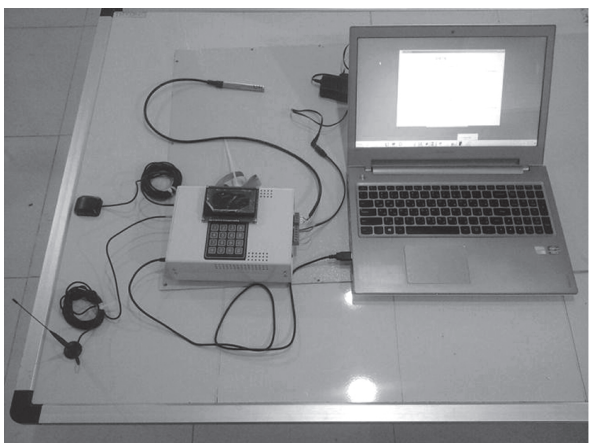
هــدف از ایــن پژوهش طراحی و ســاخت سیســتم RTU اســت که به‌عنوان بخشــی از سیســتم کنترل و نظارت متمرکز و گسترده بکار می‌رود. وظیفه RTU گردآوری اطلاعات دیجیتال و آنالوگ از محیط پیرامون و انجام پردازش‌های اولیه و ارســال آنها به ایســتگاه مرکزی اســت. پایانه راه دور به‌عنوان یکی از اجزای سیســتم‌های اتوماسیون می‌باشــد که به صورت واسط، بین مراکز کنترل و تجهیزات کنترلی، حفاظتی و سیســتم‌های اندازه گیری نصب شــده در پســت‌ها عمل می‌کند. RTUهای مرســوم در نسل قبلی SCADA به‌صورت متمرکز بوده و از طریق سیم‌کشــی‌های داخلی با تجهیــزات در ارتباط بودند که با پیشــرفت فناوری و گســترش اتوماســیون مبتنی بر شبکه و به میان آمدن ادوات الکترونیکی هوشــمند، دچار تحول شــده است. در سیســتم‌های کنترل و قدرت امروزی، یکی از مهمترین مسایل پایش بلادرنگ سیستم، حفظ شرایط کارکرد عادی و نزدیک کردن سیستم به شــرایط کارکرد بهینه می‌باشد. در این پژوهش به علت سهل بودن ارتبــاط GPRS و ارزان بــودن آن، این روش مــورد توجه جدی قرار گرفته اســت. دستگاه ساخته شــده از لحاظ ساختار و عملکرد نسبت به بسیاری از نمونه های خارجی و داخلی، به‌خصوص کاهش هزینه و قابلیت بالا، دارای ویژگی‌های اساسی است.



شکل ۸: فلوچارت کلی بخش نرم‌افزاری



شکل۹: نمایی از نرم‌افزار متلب



شکل۱۰: نمایی از دستگاه نهایی پیاده‌سازی شده

مراجع

[۱] کریم فایز و همکاران، دانشــگاه صنعتی امیرکبیر «طرح و ساخت سیستم RTU

ادامه از صفحه۴۰

[3] L. Chua, "Device modelling via basic nonlinear circuit elements", IEEE Transactions on Circuit and Systems, vol. 27, pp. 1014-1444, 1980.

[4]M .Di Ventra ,Y .V .Pershin ,and L .O .Chua" ,Circuit elements with memory :memristors ,memcapacitors ,and meminductors", Proceedings of the IEEE ,vol ,97 .no ,10 .pp.2009 ,1717-1724 .

[5]Y .V .Pershin and M .Di Ventra" ,Memory effects in complex materials and nanoscale systems ",Advances in Physics ,vol,60 . no ,2 .pp.2011 ,145-227 .

[6]K .Ochs and E .Solan" ,Energetically consistent modeling of passive memelements ",AEU-International Journal of Electronics and Communications ,vol ,93 .pp.2018 ,19-25 .

[7]R .Banchuin" ,Analysis of Memreactance with Fractional Kinetics ",Mathematical Problems in Engineering ,vol.2020 ,2020 .

[8]Y .V .Pershin and M .Di Ventra" ,Spin memristive systems :Spin memory effects in semiconductor spintronics ",Physical Review B ,vol ,78 .no ,11 .p.2008 ,113309 .

[9] V. Mladenov and S. Kirilov, "Syntheses of a PSpice Model of a Titanium-dioxide Memristor and Wien Memristor generator," in 2013 European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD), 2013: IEEE, pp. 1-4.

[10]Y .Ho ,G .M .Huang ,and P .Li" ,Dynamical properties and design analysis for nonvolatile memristor memories ",IEEE Transactions on Circuits and Systems I :Regular Papers ,vol ,58 .no. ,4pp.2010 ,724-736 .

[11]M .Mohamed ,H .Kim ,and T-.W .Cho" ,Modeling of memristive and memcapacitive behaviors in metal-oxide junctions ",The Scientific World Journal ,vol.2015 ,2015 .

[12] Z. Yin, H. Tian, G. Chen, and L. O. Chua, "What are memristor, memcapacitor, and meminductor?," IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, vol. 62, no. 4, pp. 402-406, 2015.

[13]Y .V .Pershin and M .Di Ventra" ,Memristive circuits simulate memcapacitors and meminductors ",Electronics Letters ,vol,46 . no ,7 .pp.2010 ,517-518 .

[14]D .Yu ,X .Zhao ,T .Sun ,H .H .lu ,and T .Fernando" ,A Simple Floating Mutator for Emulating Memristor ,Memcapacitor ,and Meminductor ",IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs.2019 ,

[15]L .Yan ,Y .Dong-Sheng ,and C .Hao" ,A novel meminductor emulator based on analog circuits.2013 ",

[16]Y .Liang ,H .Chen ,and D .Yu" ,A practical implementation of a floating memristor-less meminductor emulator ",IEEE Transactions on Circuits and Systems II :Express Briefs ,vol ,61 .no,5 . pp.2014 ,299-303 .

[17] M. P. Sah, R. K. Budhathoki, C. Yang, and H. Kim, "Charge controlled meminductor emulator," Journal of Semiconductor Technology And Science, vol. 14, no. 6, pp. 750-754, 2014.

[18]Y .Babacan" ,An Operational Transconductance Amplifier-based Memcapacitor and Meminductor ",Electrica ,vol ,18 .no. ,1pp.2018 ,36-38 .

[19]J .Vista and A .Ranjan" ,High Frequency Meminductor Emulator Employing VDTA and its Application ",IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, .2019

[20]D .Biolek ,Z .Biolek ,and V .Biolková" ,PSPICE modeling of meminductor ",Analog Integrated Circuits and Signal Processing, vol ,66 .no ,1 .pp.2011 ,129-137 .

[21] Z. Hu, Y. Li, L. Jia, and J. Yu, "Chaotic oscillator based on current-controlled meminductor," IEEE International Conference on Communications, Circuits and Systems (ICCCAS), pp. 820-823, 2010.

[22] G.-Y. Wang, P.-P. Jin, X.-W. Wang, Y.-R. Shen, F. Yuan, and X.-Y. Wang, "A flux-controlled model of meminductor and its application in chaotic oscillator," Chinese Physics B, vol. 25, no. 9, pp. 090502, 2016.

[23] F. Yuan, G. Wang, and X. Wang, "Chaotic oscillator containing memcapacitor and meminductor and its dimensionality reduction analysis," Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, vol. 27, no. 3, pp. 033103, 2017.

[24]F .Yuan ,Y .Deng ,Y .Li ,and G .Wang" ,The amplitude ,frequency and parameter space boosting in a memristor–meminductor-based circuit ",Nonlinear Dynamics ,vol ,96 .no ,1 .pp,389-405 . .2019

***

در سیستم کنترل تمرکز و گسترده دیسپاجینگ». ۱۳۶۶

[۲] موسی بیگدلی، پایانه راه دور در صنعت برق ، نشریه علمی و پژوهشی ۱۳۸۲.

[3] F.Salahudin, M. Sudjadi, B.Setiyono "Design of Remote Terminal Unit (RTU) Panel Supply Monitoring Based on IOT Case Study at PLN," Proc. of 2019 6th Int. Conf. on Information Tech., Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), Sep 26-27, 2019, Semarang, Indonesia.

[4] D. Merch ´an, Jonnathan, A. Peralta, A.Vazquez-Rodas,Luis I. Minchala, and D. Astudillo-Salinas "Open source SCADA system for advanced monitoring of industrial processes," 2017 IEEE, International Conference on Information Systems and Computer Science," DOI 10.1109/INCISCOS.2017.9.

[5] K. Medrano, D. Altuve, K.Belloso, C.Bran, "Development of SCADA using a RTU based on IoT controller," ICA-ACCA 2018, October 17-19, 2018, Greater Concepcion, Chile.

[۶] عبدالعلی صوفی، طرح تهیه مشخصات فنی ساخت پایانه RTU، طرح پژوهشی. مرکز تحقیقات نیرو ۱۳۷۴.

[۷] سروش شیرالی،«طراحی سخت افزاری RTU سیستم های SCADA با استفاده از FPGA» دانشگاه شهید بهشتی - دانشکده مهندسی برق . ۱۳۸۸ .

[۸] سیدخشایار شهروان،«جایابی بهینه دستگاه‌های اندازه‌گیری در سیستم قدرت»،دانشگاه تبریز - دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر . ۱۳۹۱ .

[۹] ایمان حبیبی کوچکسرایی، «استفاده از مدل پتری در شبکه های تولید و انتقال سیستم های قدرت» دانشگاه سمنان - دانشکده مهندسی برق و الکترونیک . ۱۳۹۳ .

[۱۰] حسین خزاعی طرقی، «بررسی و تحلیل اثر تأخیر زمانی بر عملکرد سیستم اتوماسیون SCADA درشبکه توزیع برق شرکت فولاد مبارکه اصفهان». ۱۳۸۸

[11] G.Morita. ,S Hirai ,K.Michishita" Lightning Protection of Control Board Equipped with Electronic Equipment "Proc .of34 2018 th Int .Conf .on Lightning Protection ,.Sep ,2019 ,02-07 Poland.

[12] B .Madonsela ,I .E .Davidson ,C .Mulangu" Advances in Telecontrol and Remote Terminal Units(RTU)for Power Substations 2018 "IEEE PES/IAS PowerAfrica.

[13]"Li Cheng ,Ding Tianhuai ,and Chen Ken ,Improved Design of Remote Wireless Transmission Terminal using GPRS/GSM Integrated Network ,"IEEE International Workshop on Intelligent Systems and Applications.2009 .

[14] Shakeel Durrani" … &Design and Development of Wireless RTU and Cyber security Framework for SCADA System "IEEE International Conference on Information and Communication Technologies.2013 ,

[15] Wang Xiaohong" ,The Design of Remote Medical Monitoring System Based on Sensors and GPRS ,"IEEE International Forum on Information Technology and Applications.2009 ,

[16] Syed Misbahuddin" Fault Tolerant Remote Terminal Units (RTUs)in SCADA Systems "IEEE International Symposium on Collaborative Technologies and Systems.2010 ,

[17] Ashwini Holakar" & SECURE INTEROPERABLE GATEWAY FOR WIRELESS SCADA SYSTEM ,"IEEE International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions(CSITSS) 2016.

[18] Chengbin Guan",Development of Remote Positioning and Control System Based on SCM and SIM508 ,"IEEE International Conference on Multimedia Technology.2011 ,

[19] Xiaoyan Zhao" & GPRS based Remote Data Acquisition and Forecasting System for Long-distance Natural GasPipeline Monitoring ,"IEEE International Conference on Computational Problem-Solving(ICCP),2012

[20] Wan Jusoh ,Development of a New Modeling Circuit for the Remote Terminal Unit(RTU)with GSM Communication ,IEEE IEEE Conference on Clean Energy and Technology(CEAT) .2013

***