



## یک روش کم هزینه در کنترل و مانیتورینگ برون خطی صد حلقه چاه آب با خطوط آنالوگ تلفن

اسماعیل فتحی لوشانی شرکت مهندسی دینارای صنعت esmail\_fathi@yahoo.com

مریم شریف خانی شرکت نفت و گاز پارس Maryam\_sharif321@yahoo.com

شرکت آریان پارت APT@parsonline.com

شرکت فرایند کاو Info@farayandkav.com

چکیده: در این مقاله یک روش کم هزینه در کنترل و مانیتورینگ صد حلقه چاه درون شهر تهران با تعداد محدودی خط تلفن توضیح داده شده است. ابتدا لزوم استفاده از چنین سیستمی مورد بررسی واقع میشود و در ادامه اصول کلی و سخت افزارهای استفاده شده و سپس جزئیات نرم افزاری آن بحث میگردد.

کلید واژه: برون خطی Offline، درون خطی Online، پروتکل مودباس، مودم های استاندارد، OPC Server، مانیتورینگ، PLC (Programmable Logic Controller) و Multiport.

### ۱- مقدمه:

در کنترل صد حلقه چاه توسط یک مرکز کنترل روشهای متعددی وجود دارد که میتوانند به صورت درون خطی (Online) کار ارسال و دریافت اطلاعات را انجام دهند. اما با در نظر گرفتن حساسیت معمولی سیستم و نیز هزینه بسیار بالای روش درون خطی، روشی به صورت برون خطی به کار گرفته میشود. روشهای معمول در این سیستم بدین صورت هستند:

#### ۱-۱- روشهای ارتباط رادیویی:

در این روش از مودمهای رادیویی برای ارسال و دریافت اطلاعات استفاده میشود. با توجه به بالا بودن تعداد ایستگاهها امکان ایجاد یک ارتباط آنی برای همه واحدها به طور همزمان ایجاب میکند سیستمهایی با هزینه های بالا توسط کارشناسان الکترونیک طراحی و ساخته شود چراکه شرکتی سازنده در این زمینه ها خط تولید انبوه ندارند و ایجاد ارتباط با فقط یک کامپیوتر مرکزی با این روش بسیار گران میباشد. از دیگر عوامل عدم کارایی این روش این است که محل اجرای این طرح در شهر بزرگ تهران میباشد و تداخل با امواج رادیویی دیگر امنیت سیستم را پایین خواهد آورد مضاف بر اینکه

نصب آنتنهای بلند آن هم به تعداد بیش از صد عدد هزینه طرح را بسیار بالا خواهد برد.

#### ۱-۲- روش ارتباط بی سیم با خطوط موبایل و مودمهای GSM:

در این روش از خطوط تلفن همراه برای ایجاد ارتباط استفاده میشود. ناگفته پیداست که هزینه این طرح از خود خطوط موبایل گرفته تا مودمهای GSM بسیار بالا خواهد بود. با در نظر گرفتن اینکه کابینت حاوی تجهیزات کنترل در اتاقهای زیرزمینی نصب میشوند امکان آنتن دهی پایین تر می آید و می بایستی که آنتن در بیرون نصب گردد که امنیت آن کمتر خواهد بود.

#### ۱-۳- روش استفاده از خطوط اجاره ای مخابرات (Leased Line):

این روش بدین صورت است که از خطوط اجاره ای از ایستگاهها به اتاق کنترل مرکزی توسط مخابرات اختصاص داده میشود. بنابراین با قرار دادن مودمهای مخصوص امکان ارتباط و تبادل اطلاعات ممکن میگردد. این طرح بدلیل بالا رفتن تعداد مودمها در مرکز و مشکلات ناشی از ایجاد یک شبکه صنعتی با ۱۰۰ گره مطلوب نیست. و نیز هزینه بالای مودمهای مخصوص و در برخی موارد نبودن



عریض میگردند، که پس از عبور از زیر رودخانه کن وارد کانال روبازی میگردند و برای آبیاری به مزارع دشت رباط کریم منتقل میشوند.

## ۱-۲- سیستم کنترل چاهها

برای کنترل هر کدام از چاهها از سیستم کنترل به صورت SCADA استفاده گردیده است. یک PLC S7200 با CPU 222 DC که دارای Memory Cartridge ۲۵۶KB برای ذخیره اطلاعات هر چاه میباشد. سیستم کنترل هر چاه دارای یک مازول ورودی آنالوگ EM231، یک مودم سازگار با خطوط آنالوگ EM241 و یک منبع تغذیه ۲۴ VDC / ۴ A ساخت شرکت زیمنس میباشد. داخل هر تابلوی RTU مربوط به چاه ها که با IP56 ساخته شده اند علاوه بر ادوات PLC یک عدد مبدل جریان و ولتاژ چهار سیمه ساخت شرکت PHOENIX، کلید Alarm Reset، تعدادی فیوز، تعدادی ترمینال، سه عدد رله جهت خروجیها، لامپ روشنایی و یک میکروسوئیچ در استفاده شده است.

## ۲-۲- ادوات ابزار دقیق:

در این طرح از تعدادی ادوات ابزار دقیق در هر چاه استفاده شده است که عبارتند از:

### ۱-۲-۲- مبدل جریان (Current Transducer):

برای اندازه گیری جریان پمپ از این مبدل استفاده میشود. بازه کاری آن از ۵-۰ آمپر بوده و خروجی استاندارد آن ۴-۲۰ میلی آمپر میباشد. دو حد Warning و Alarm دارد و در حد Warning اخطار اعلام میگردد و در حد Alarm دستور قطع به پمپ توسط PLC صادر میشود و پیغام "باز اضافی (Over Load)" به مرکز کنترل مخابره میگردد.

### ۲-۲-۲- مبدل ولتاژ (Voltage Transducer):

نوسانات ولتاژ پمپ را به سیگنال ۴-۲۰ میلی آمپر تبدیل میکند. بازه کاری آن بین ۰-۴۰۰ ولت AC میباشد.

زیرساختهای مخابراتی برای ارائه خطوط اجاره ای از عوامل مهم در عدم بکارگیری این روش محسوب میشود.

## ۴-۱- روش استفاده از خطوط تلفن آنالوگ

### به صورت درون خطی Online:

در این روش دویست خط تلفن مورد نیاز است که ارتباط به صورت نقطه به نقطه از ایستگاهها به مرکز برقرار میشود. این طرح تنها در قیمت پایین و فراوانی مودمهای آنالوگ دارای مزیت است. تعداد نامعقول مودمها در مرکز، مشکلات شبکه ای و هزینه بالای ماهیانه از اشکالات این طرح محسوب میشوند.

## ۵-۱- روش استفاده از خطوط تلفن آنالوگ

### به صورت برون خطی Offline:

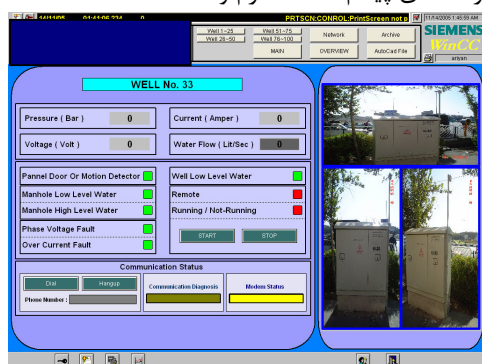
در این روش حدود ۱۱۵ خط تلفن باید از مخابرات خریداری شود که ۱۰۰ مورد برای ایستگاهها و ۱۵ مورد برای مرکز کنترل در نظر گرفته میشود. ارتباط به گونه ای است که مرکز کنترل به صورت دوره ای با ایستگاهها تماس میگیرد و اطلاعات را از مراکز دریافت مینماید. در صورت بروز آلام و موارد اضطراری دیگر خود ایستگاه به مرکز متصل شده و گزارش مینماید. از معایب این طرح تاخیر آن است که با توجه به حساسیت معمولی طرح قابل چشم پوشی است. در ضمن در خود مراکز، کنترل کننده هایی است که در موارد اضطراری سیستم را به بهترین نحو کنترل مینمایند.

در این مقاله بررسی تفصیلی راجع به این روش (شماره ۵) خواهیم داشت.

## ۲-آشنایی با طرح:

طرح کنترل صد حلقه چاه آب که از نقاط مختلف در جنوب تهران برای مزارع کشاورزی پمپاژ خواهند شد به این ترتیب است که در هر ایستگاه چاه یک عدد الکتروموتور وجود دارد که برای پمپاژ آب میباشد. آبهای پمپاژ شده وارد تونلهایی میگردند و پس از طی مسافتی، آب چند عدد از تونلها در یک منهول با هم یکی شده و وارد تونل بزرگتر میشوند که در نهایت در منطقه یافت آباد یکپارچه شده و وارد یک کانال

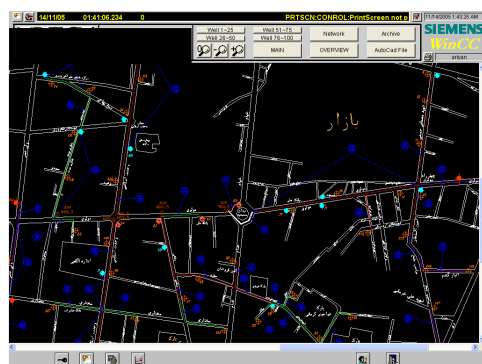
سیگنالهایی که به مرکز ارسال میشوند شامل فشار آب، حجم آب عبوری، ولتاژ و جریان موتور، وضعیت Remote/Local موتور، وضعیت خاموش و یا درحال کار بودن موتور، سیگنال فالت جریان و ولتاژ، بالا بودن سطح آب منهل، پایین بودن سطح آب چاه و سیگنال دزدگیر هستند و سیگنالی که از مرکز به ایستگاه فرستاده میشود دستور روشن و یا خاموش بودن موتور، آلام، رست کردن آلام و رست کردن میزان حجم آب عبوری به صفر میباشد. به این ترتیب حدود ۱۴ سیگنال ورودی خروجی و تعدادی سیگنالهای درونی دیگر رد و بدل میشود. سیگنالهای درونی که علاوه بر ورودی خروجیها در حافظه PLC با اتاق کنترل ردوبدل میگردد عبارتند از تعدادی پیغام خطا، آلام و SetPoint.



شکل (۱-۲): نرم افزار مانیتورینگ در مرکز کنترل

### ۳-۲- مرکز کنترل:

جهت کنترل چاهها علاوه بر کنترل محلی هر چاه توسط PLC مربوطه، تجهیزات و تسهیلاتی در اتاق کنترل در نظر گرفته شده است. یک کامپیوتر سرور که با چاهها به صورت Offline در ارتباط است.



شکل (۲-۲): نرم افزار مانیتورینگ در مرکز کنترل

### ۳-۲-۲- مبدل فشار ( Pressure Transducer):

سنسور فشار با خروجی ۴-۲۰ میلی آمپر میباشد. بازه کاری آن بین ۰-۲۵ بار میباشد. دارای حد پایین و حد بالا و حد بسیار بالا میباشد.

### ۴-۲-۲- سنسور پالسی حجم آب عبوری:

این سنسور به روی کنتور شمارنده آب خروجی از چاه نصب میگردد و به ازای هر یک متر مکعب آب خروجی یک پالس به سیستم کنترل ارسال میکند. درون PLC یک جمع کننده تعریف میشود که این پالسها را جمع میکند. جهت محاسبه Flow Rate نیز داریم:

$$f = \frac{1}{t} \frac{m^3}{s}$$

که t زمان بین لبه بالا رونده دو پالس میباشد.

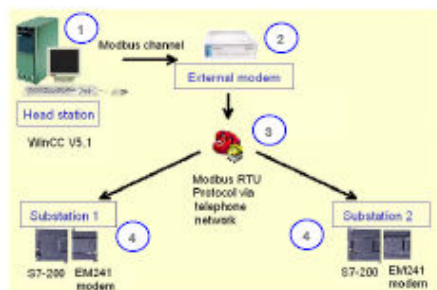
### ۵-۲-۲- سوئیچ حدی:

دو سوئیچ حدی برای حد پایین آب چاه و حد بالای آب منهل در نظر گرفته شده است.

نام سیگنال	کاربرد	نوع سیگنال
ZS-xxx04	سیگنال دزدگیر	DI
LSL-xxx05	سیگنال پایین بودن آب سطح چاه	DI
LSH-xxx06	سیگنال پایین بودن آب سطح منهل	DI
LSL-xxx06	سیگنال پالس فلومتر	DI
XR-xxx12	سیگنال اتوماتیک یا دستی	DI
XSR/S-xxx13	سیگنال وضعیت خاموش یا روشن بودن موتور	DI
XA-xxx15	سیگنال فالت ولتاژ پمپ	DI
XA-xxx16	سیگنال خطای بار زیاد	DI
PT-xxx01	سیگنال فشار	AI
CT-xxx02	سیگنال جریان	AI
VT-xxx03	سیگنال ولتاژ	AI
XCR/S-xxx11	فرمان روشن و خاموش پمپ	DO
Horn	آزیر خطر	DO
Horn Reset	قطع آژیر	DO

جدول (۱-۲): سیگنالهای ورودی و خروجی

هم به صورت Polling میباشد و هم به صورت Interrupt.

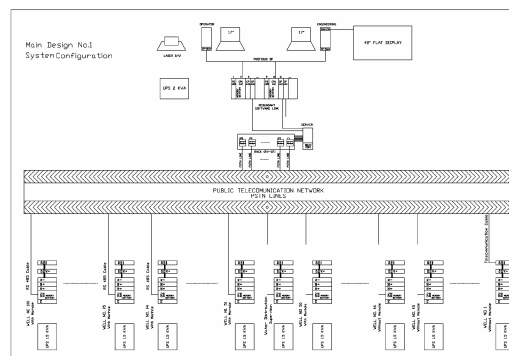


شکل (۲-۴): ساختار برون خطی با جزئیات سخت افزاری  
مجموع اطلاعات ذخیره شده در هر ثانیه حدود ۲۰ بایت میباشد. لذا در هر ۱۷ دقیقه مجموع اطلاعات ذخیره شده معادل ۲۰۴۰۰ بایت یا حدود ۲۰ کیلوبایت است. با توجه به اینکه سرعت انتقال دیتا بین PLC چاه و سرور حدود ۱۹/۲ کیلوبایت در هر ثانیه میباشد، کلیه اطلاعات ۱۷ دقیقه در کمتر از دو ثانیه منتقل میشود. با این دید دلیل اینکه عدد ۱۷ دقیقه برای ارتباط در نظر گرفته شده است، پایین آوردن هزینه جاری مرکز کنترل است. زیرا هر برقراری ارتباط از طرف مخابرات ایران یک پالس در نظر گرفته میشود که معادل ۱/۷ دقیقه مکالمه است. لذا چه ارتباط در این مدت زمان ادامه باید و چه قطع گردد هزینه آن محاسبه میگردد. بنابراین به صرفه است که در مورد طرح ما، این مدت زمان ارتباط متصل بماند.

## ۲-۵- سخت افزار ارتباطی :

آنچه در این طرح منحصر به فرد است استفاده از مودم های معمولی در انتقال دیتا به صورت Modbus است. در نگاه اول به نظر میرسد که مودم های استاندارد که غالباً اطلاعات را به صورت Ethernet منتقل میکنند قادر نیستند به مودمهای صنعتی دارای پروتکل Modbus دیتا ردوبدل نمایند. در حالیکه این قابلیت در این طرح آزمایش شده و به درستی جواب داده است. یک کارت MultiPort با ۱۶ کانال به کامپیوتر سرور متصل میگردد و با نرم افزار DialoutEZ، ۱۶ پورت Com در سیستم تعریف میشود. ۱۰ عدد مودم استاندارد به Com های ۳ تا ۱۳ متصل میشوند.

دو عدد PLC با CPU S7-412 که به صورت نرم افزاری یکی Standby دیگریست. یعنی دارای Software Redundancy میباشد. این PLC ها جهت کنترل اتوماتیک چاهها از اتاق کنترل تعبیه شده است. دو عدد کامپیوتر Client نیز وجود دارد که برای مانیتور کردن کلیه اطلاعات و آلارمها و اعمال فرمان به چاهها در اتاق کنترل در نظر گرفته شده است. نرم افزار برنامه نویسی PLC های اتاق کنترل Simatic Step7 بوده و نرم افزار مانیتورینگ نیز WinCC میباشد که هر دو ساخت شرکت زیمنس هستند. ساختار شبکه سیستم در شکل (۲-۳) نشان داده شده است.



شکل (۲-۳): ساختار شبکه سیستم

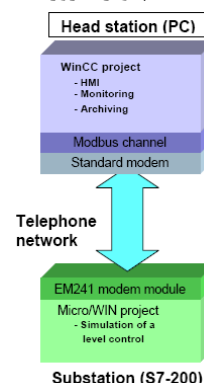
## ۲-۴- طرح برون خطی (Offline): برای

انتقال اطلاعات بین چاهها و مرکز کنترل در هر چاه یک خط تلفن تعبیه گردیده است. در اتاق کنترل نیز حدود ۱۵ عدد خط وجود دارد. یعنی در کل ۱۱۵ خط تلفن. ۱۰ خط تلفن موجود در اتاق کنترل به صورت Polling اطلاعات را از چاهها دریافت میکنند. یعنی ۱۰۰ چاه به ۱۰ دسته ۱۰ تایی تقسیم شده اند و هر یک خط در مرکز کنترل اطلاعات ۱۰ چاه را جمع آوری می نماید. مدت زمان بین دو شماره گیری از طرف مرکز کنترل به یک چاه حدود ۱۷ دقیقه محاسبه شده است. در صورت بروز آلارم در چاهها، PLC چاه مربوطه به یکی از ۵ خط دیگر که همیشه آزاد هستند (اشغال نیستند) متصل گردیده به صورت آنی گزارش میدهند. یعنی ارتباط



## ۲-۶- نرم افزار واسط:

معمولا در جاهایی که نیاز به ارتباط سخت افزار و نرم افزار است مشکلات فراوان وجود دارد. در بسیاری موارد نرم افزارهای OPC (OLE for Process Control) حلال این مشکلات است. در اینجا نیز روی کامپیوتر سرور یک نرم افزار OPC به نام KEPServer نصب شده است که Tag هایی را که جهت کنترل مودم ها مورد نیاز است را به نرم افزار مانیتورینگ یعنی WinCC انتقال میدهد. از جمله این tag ها شماره تلفن چاهها ، وضعیت ارتباطی ، دستور Dial Up و قطع ارتباط است. Tag های موجود در PLC نیز در این نرم افزار به صورت Modbus ادرس دهی شده و پس از برقراری ارتباط از حافظه PLC به کامپیوتر سرور منتقل میگردند.



شکل (۲-۵): لایه های ارتباطی نرم افزاری

## ۳- نتیجه گیری:

بنابراین در این طرح نحوه جمع آوری اطلاعات از صد حلقه چاه و نیز کنترل مطمئن این چاهها به صورت برون خطی توضیح داده شده است. کل هزینه جاری ماهیانه اتقاق کنترل در سال ۸۵ حدود ۲۵۰۰۰۰۰ ریال پیش بینی شده است و با ۵ نفر پرسنل در مرکز کنترل کل ۱۰۰ عدد چاه بهره برداری میشود که در صورت نبود این سیستم کنترل قطعاً نیاز به نفرات به مراتب بیشتر بود.

## سپاسگزاری:

این طرح به صورت یک طرح ملی در سازمان آب تهران در حال انجام است. لذا از سازمان محترم آب ، شرکت های پیمانکار ، واحد پشتیبانی شرکت زیمنس و کلیه کسانی که در این طرح ما را یاری کردند تشکر و سپاسگزاری مینماییم. لازم به ذکر

است که کلیه برنامه نویسی ها از مانیتورینگ گرفته تا PLC ها و نیز شناسایی نرم افزارهای مرتبط ، توسط مولفین صورت گرفته است.

مراجع:

۱. Siemens- EM241 Instruction Manual
۲. Cisco - Using DialoutEZ with Cisco Access Server -1992-2004 Cisco System Inc.
۳. KepServerEX Instruction Manual- 1996-2005 Kepware Inc.
۴. Easy Remote Control and Monitoring via Dedicated Line Modem-2006- Siemens Inc.