

بهینه سازی سیستم پایش ترانسفورماتور رکتی فایر ایستگاه های حفاظت کاتدی بر پایه سیستم

GPRS-GSM

قدرت اله موسوی^۱، رحمت اعظمی^۲ و سعید دانیالی^۳

^۱ دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام Sgmmis@gmail.com

^۲ دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه ایلام Azami@ut.ac.ir

^۳ دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه ایلام Danyali@ut.ac.ir

چکیده - حفاظت کاتدی با روش اعمال جریان به طور گسترده برای ممانعت از خوردگی در سازه های فولادی مورد استفاده قرار می گیرد. عوامل اصلی که سبب افزایش سرعت خوردگی می شوند، مقاومت، کلر، سولفات و مقدار اسیدیته (pH) خاک می باشد. به خاطر بروز این تغییرات، ترانسفورمر رکتی فایر باید بتواند ولتاژ خروجی از ترانس را با توجه به ولتاژ مرجع به صورت پیوسته تنظیم کنند. معمولاً کنترلرهای کلاسیک به صورت دستی تنظیم و مبتنی بر ولتاژ مرجع مورد نظر می باشند. همچنین کنترلرهای کلاسیک احتیاج به محدوده ماژیم و مینیمم ولتاژ خروجی دارند تا از *Overprotect* یا *Underprotect* و بروز نوسانات جلوگیری شود. کاهش خطای انسانی، اطلاع دقیق و به موقع، ثبات پتانسیل حفاظتی و همچنین کاهش هزینه های بازرسی امری اجتناب ناپذیر خواهد بود. به این منظور هوشمندسازی، مانیتورینگ و کنترل از راه دور ایستگاههای حفاظت کاتدی در خطوط لوله و تاسیسات روشی کارآمد می باشد. در این تحقیق بدون تغییر در ساختمان داخلی و مدارات ترانس رکتی فایر موجود، تنها با استفاده از سخت افزار الکترونیک و نرم افزار مبتنی بر وب، هوشمند سازی و مانیتورینگ در یکی از خطوط لوله شرکت نفت و گاز مسجد سلیمان انجام گردید که نتایج حاصل از گزارشات خروجی نرم افزار طراحی شده بیانگر عملکرد مطلوب و بهینه روش پیشنهادی می باشد.

کلید واژه - اعمال جریان، پایش خوردگی، پتانسیل تزریق، ترانس رکتی فایر

بخش ها شامل آند (که در آن خوردگی اتفاق می افتد)، کاتد (که از خوردگی حفاظت می شود)، الکترولیت (یک مسیر رسانا که محیطی مشترک برای آند و کاتد است) و مسیر فلزی که آند و کاتد را به هم متصل می کند. خوردگی در نواحی آندی خط لوله اتفاق می افتد و همراه با شار جریان از لوله به خاک است. حفاظت کاتدی خوردگی خط لوله را که از لحاظ الکتریکی پیوسته در تماس با خاک است را کاهش می دهد. شارهای جریان از رکتی فایر به سمت آندها و از طریق خاک، به سمت لوله رفته و از طریق یک کابل که مدار الکتریکی را کامل می کند، به رکتی فایر برمی گردد. نواحی آندی خط لوله به دلیل شار جریان موجود کاتد واقع می شوند. چون نرخ خوردگی به شار جریان و محیط واسطه بستگی دارد، فعالیت خوردگی یک فولاد در خاک معمولاً با کاهش مقاومت خاک افزایش می یابد. آندها در محیط های مرطوب تر معمولاً سطوح بالاتری از جریان را تولید می کنند [2]. با سیستم های اعمال جریان، حفاظت از خوردگی از یک

۱- مقدمه

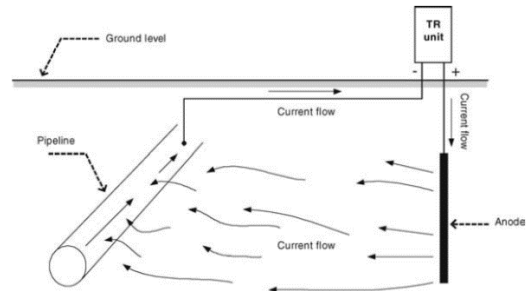
سیستم های شبکه خطوط لوله انتقال نفت و گاز و فرآورده همانند شبکه های توزیع برق هستند و برای انتقال نفت و گاز در کشور از هزاران کیلومتر خطوط لوله زیر زمینی استفاده می شود. این شبکه خطوط لوله آهنی پوشش داده شده زیرزمینی در فشارهای بالا کار می کنند. خطوط لوله فلزی زیرزمینی در ابتدا توسط پوششها حفاظت میشوند. حتی در شرایطی که راندمان پوشش بالا باشد، ممکن است این پوشش دارای عیوبی نیز باشد. حفاظت کاتدی با روش اعمال جریان برای محافظت از خطوط لوله در برابر عیوب پوشش مورد استفاده قرار میگیرد [1]. خوردگی مواد فلزی در الکترولیت، پدیده ای الکتروشیمیایی است که در آن انحلال ماده همراه با شار یک جریان الکتریکی بین آند (ماده خورده شده) و کاتد (ماده حفاظت شده) اتفاق می افتد. در یک پیل الکتروشیمیایی چهار جزء وجود دارد. این

خاک در فواصل خیلی کوتاه، خیلی زیاد است، پیل های خوردگی نامتشابه تشکیل می شوند. این نوع پیل های خوردگی الکتروشیمیایی تنها هنگامی به موضوعی جدی بدل می شوند که آند خیلی کوچک بوده، مقاومت خاک در پایین ترین مقدارش بوده و اختلاف پتانسیل الکتریکی در بالاترین حد است، هرچند که با افزایش مقدار رطوبت، نرخ خوردگی برای فلز مدفون توسط رسانایی، pH، مقدار اکسیژن، غلظت یون های خورنده و فعالیت بیولوژیکی در خاک کنترل می شود. طبیعت خاک (ماسه ای، لای یا رس) می تواند مقادیر این پارامترها را به طور قابل توجهی تغییر دهد. خطوط لوله با طول زیاد یا Casing چاه های نفتی و گازی می توانند از بین چندین نوع خاک عبور کنند که آندها و کاتدهای را بر روی سطح فلز تشکیل می دهد، که غالباً توسط فواصل طولانی از هم جدا شده اند. به خاطر بروز این مشکلات، ولتاژ خروجی ترانسفورمر رکتی فایر (TR) که برای حفاظت کاتدی مورد استفاده قرار می گیرد باید به طور پیوسته و بسته به اینکه فلز حفاظت می شود یا نه تغییر کند. در سال های اخیر، علاقه قابل توجه و رو به رشدی در توسعه کنترل خوردگی کارآمد جهت بهبود CP صورت گرفته است [6-7].

۲- جنبه ها و دلایل بکارگیری سیستم مانیتورینگ

بدلیل وجود خطای انسانی در اندازه گیری ها، ریسک و هزینه بالا در اندازه گیری، زمانبر بودن پایش به روش کلاسیک، عدم تغییر در ساختمان ترانس فایر موجود، عدم اطلاع از وضع فعالیت سیستم حفاظت کاتدی در طول فاصله زمانی بین دو بازرسی که گاهی تا یکماه به طول می انجامد، تغییر در پتانسیل مرجع به علت تغییرات در وضعیت مقاومت، Ph و اسیدیته خاک و همچنین سرعت بالای انتقال داده و گزارش گیری در بازه های زمانی مختلف با امکان مقایسه و نهایتاً امنیت بالای تبادل داده، استفاده از روش پیشنهادی توصیه می گردد [8].

منبع جریان خارجی به سازه مدفون تامین می شود، که معمولاً از یک واحد TR که ولتاژ DC ضعیفی (جریان مستقیم) را بوجود می آورد تامین می شود. قطب مثبت واحد TR به یک آند کمکی مدفون که در فاصله مشخصی از سازه حفاظت شده قرار گرفته متصل شده و قطب منفی به خود سازه متصل می شود. شکل ۱ حفاظت کاتدی با روش اعمال جریان را نشان می دهد.

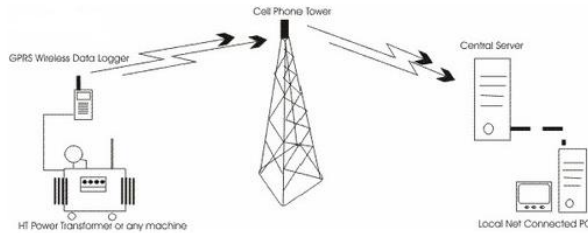


شکل ۱. حفاظت کاتدی با روش اعمال جریان

در حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده، منبع جریان خارجی وجود ندارد و الکترودهای کمکی از فلزی فعال تر از فلز حفاظت شده ساخته شده اند (مانند روی، آلومینیوم و منیزیم). بنابراین این فلزات در پیل خوردگی آند و سازه کاتد واقع می شود که با خورده شدن آند، سازه حفاظت می شود. حفاظت کاتدی با اعمال جریان (ICCP) روشی کارآمد برای حفاظت از خطوط لوله زیر زمینی، بدنه کشتی ها، سکوهای نفتی دریایی، تانک های ذخیره زیر زمینی و بسیاری از سازه های دیگر که در معرض خوردگی محیطی هستند مورد استفاده قرار می گیرد [3]. سازه ها در طول مراحل مختلف ساخت در معرض محیط های مختلف، حمل و نقل و ذخیره و همچنین نوسانات فصلی و روزانه در محیط قرار می گیرند. در صورتی که سازه سیار باشد، تغییر در شرایط قرار گیری بیشتر نیز خواهد بود. نرخ خوردگی یا تخریب پوشش های محافظ که بر روی سطح فلز اعمال می شود نیز متاثر از تغییراتی همچون مقاومت، رطوبت، دما، pH، غلظت اکسیژن، آلودگی های حل شده یا جامد و سرعت الکترولیت است [4]. نوسانات بوجود آمده در خاک منجر به بروز اختلاف در پتانسیل بر روی سطح فلز شده و در نتیجه سبب ایجاد پیل های خوردگی الکتروشیمیایی می شود [5].

بیش از ۵۰ نوع خاک وجود دارد که خواص خوردندگی آن ها شناسایی شده است. هریک از این انواع مختلف خاک دارای مقادیر مختلفی از مقاومت هستند. در نواحی که مقدار مقاومت

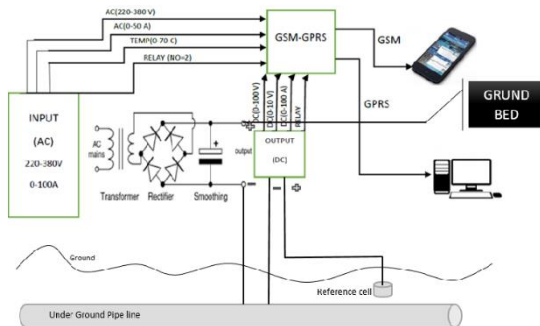
۲۰ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)



شکل ۲: نمایی از انتقال داده به روش GSM-GPRS

۴- سخت افزار سیستم مانیتورینگ

طرح سخت افزاری سیستم پایش به گونه ای طراحی شده است که در شرایط مختلف محیطی و جوی قابلیت عملکرد بهینه داشته و مراحل نصب، راه اندازی، تعویض و ارتقاء سیستم سریع و آسان باشد. امنیت بالا، نویز پذیری بسیار کم، سرعت بالا، از دیگر ویژگی های طرح می باشد. بدون اعمال هر تغییری در ساختمان و مدارات ترانس رکتی فایر، تنها با اضافه نمودن این سخت افزار می توان سیستم مانیتورینگ ایستگاهها را عملی نمود [9].



شکل ۳: شمای کلی مدار پایش سیستم حفاظت کاتدی با استفاده از روش پیشنهادی

۵- نرم افزار سیستم

با استفاده از زبان قدرتمند C و SQL SERVER برنامه اجرایی تحت شبکه نوشته شده است. کاربرپسند بودن فضای نرم افزار از ویژگیهای بارز این نرم افزار می باشد. ذخیره اطلاعات در DATA BASE، ثبت، نگهداری و نمایش اطلاعات جامع و کامل یک ترانس رکتیفایر از قبیل جریان ورودی و خروجی، ولتاژ مرجع تزریق (DRAIN POINT)، دمای روغن، و نمایش اطلاعات ولتاژ

۳- روشهای مرسوم در تبادل و مانیتورینگ داده ها

۳-۱- روش Dial up

هرگاه شرایط به گونه ای باشد که سیم کشی خط تلفن به محل ایستگاهها مقرون به صرفه و ساده باشد از روش مودمی استفاده می شود. در این روش به کمک یک مودم خارجی (External Modem) جهت ارسال و دریافت اطلاعات به خط تلفن و یک PC جهت ثبت، نگه داری، پردازش و کنترل از راه دور ایستگاه و یک یا چند مدار پردازشگر میکروکنترلی جهت پردازش و ارسال اطلاعات ایستگاه بر روی خط تلفن، عملیات پایش و کنترل انجام می گردد.

۳-۲- روش Satellite

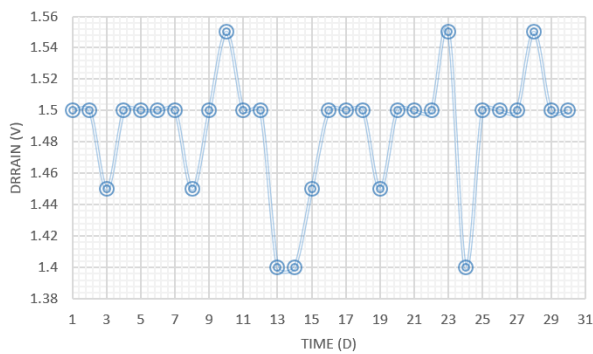
هرگاه حجم اطلاعات مورد تبادل بالا باشد و استفاده از روش های رادیویی دیگر امکان نداشته باشد از ماهواره استفاده می شود. این روش پر هزینه بوده و عمدتاً مقرون به صرفه نمی باشد و لیکن به دو صورت ONLINE و OFF LINE پاسخگویی داشته و از کیفیت بالا و سرعت مناسب برخوردار می باشد. هر چند بنا به دلایل امنیتی راه حل مطمئنی نمی باشد.

۳-۳- روش GSM-GPRS

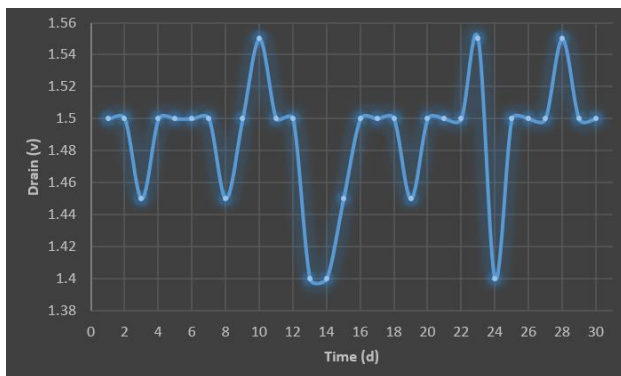
انتقال اطلاعات به روش GSM-GPRS نسبت به روش Dial up نویز پذیری کمتری داشته و نصب و راه اندازی ساده تری نیز دارد. این روش بی سیم بوده و با استفاده از بستر مخابراتی همراه اول و یا ایرانسل و دیگر اپراتورهای داخلی ارسال اطلاعات صورت می گیرد. این روش دارای مزایایی از قبیل سرعت بالا، ONLINE بودن و امنیت اطلاعات بعلا استفاده از بستر مخابراتی داخلی بالا بوده و همچنین در محلهایی صعب العبور و دورافتاده که فاقد امکانات مخابراتی و سیم تلفن هستند قابل استفاده می باشد.

همانگونه در شکل های (۴ و ۵) مشاهده می شود، مقادیر ثبت شده در نمودار های (a) که اندازه گیری به روش کلاسیک و نمودارهای (b) که با استفاده از خروجی نرم افزار سیستم پیشنهادی ارایه شده کاملاً مطابقت دارد.

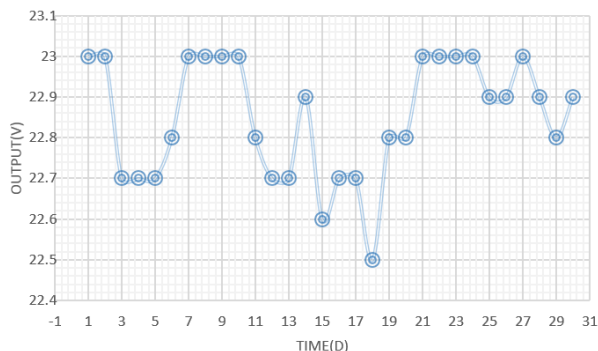
۶-۱- نتایج اندازه گیری ولتاژ نقطه تزریق، ولتاژ و جریان خروجی



شکل ۴(a): نمودار اندازه گیری نقطه تزریق به روش کلاسیک



شکل ۴(b): نمودار اندازه گیری نقطه تزریق به روش پیشنهادی



در نقطه Test point ، جریان، و ... از توانمندیهای مانیتورینگ برنامه جهت یک ترانس رکتیفایر می باشد. با استفاده از این نرم افزار می توان ایستگاه را به سیستم های امنیتی مانند دوربین های مدار بسته تحت وب و غیره نیز مجهز نمود.

اتصال اتوماتیک با قابلیت تنظیم در هر ۱ تا ۲۴ ساعت یکبار ، رسم نمودار کلیه اطلاعات دریافتی بر حسب زمان و تاریخ، ثبت و نگه داری کلیه اطلاعات موجود بر حسب زمان و تاریخ، نمایش اطلاعات جامع هر ایستگاه، نمایش اطلاعات کارکردی هر کاربر بر حسب زمان و تاریخ و نوع عملکرد ، دقت بالا در نمایش و کنترل پارامترهای خط از قبیل خروجی و ورودی ها ترانس رکتی فایر و نقطه تزریق و سرعت پاسخگویی بالا از دیگر ویژگیهای این نرم افزار می باشد.

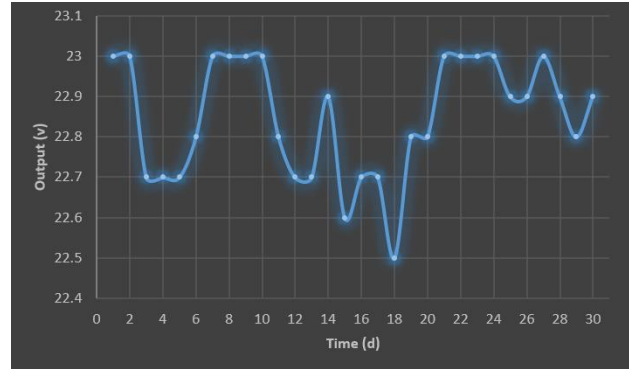
۶-۲ نتایج و مقایسه اندازه گیری پارامترها از روش کلاسیک و روش پیشنهادی

با توجه به بررسی های به عمل آمده، ایستگاه حفاظت کاتدی واقع در کیلومتر ۵۲ خط لوله ۱۲" لب سفید به منظور نصب سیستم سخت افزار و اجرای اولیه در نظر گرفته شد.

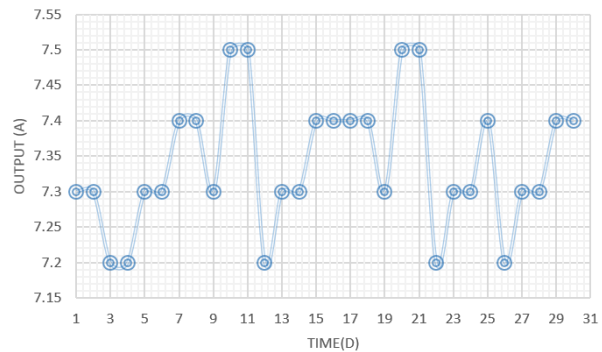
سیستم نصب شده دارای سنسورهای ولتاژ و سنسورهای جریان و سنسور دما و همچنین تعدادی رله در ورودی و خروجی به منظور اعمال فرمان جهت کنترل تجهیزات جانبی و قطع و وصل سیستم و ترانس رکتی فایر به هنگام اعلام خطا می باشد. برای ای منظور سیستم طراحی شده با قابلیت افزودن کنترلر ولتاژ نقطه تزریق (Drain)، همچنین قابلیت اندازه گیری مقادیر ولتاژ و جریان Ac و Dc ، ولتاژ نقطه تزریق ، دمای روغن و محیط ایستگاه و دارای رله های کنترل جهت قطع و وصل به هنگام فرمان و خطا می باشد.

جهت بررسی صحت عملکرد سیستم در انتقال و ثبت اطلاعات و داده ها در ایستگاه حفاظت کاتدی یاد شده، به مدت ۳۰ روز مقادیر ولتاژ تزریق، ولتاژها و جریان های ورودی و خروجی و همچنین دمای روغن ترانس به دو روش کلاسیک (دستی) و روش پیشنهادی اندازه گیری و ثبت گردید. گزارشات و نتایج حاصله صحت و دقت بالای روش پیشنهادی را تایید می کند. بعلت کمبود فضا فقط نمودارهایی که در مقوله حفاظت کاتدی مهم بوده در این تحقیق آورده شده است.

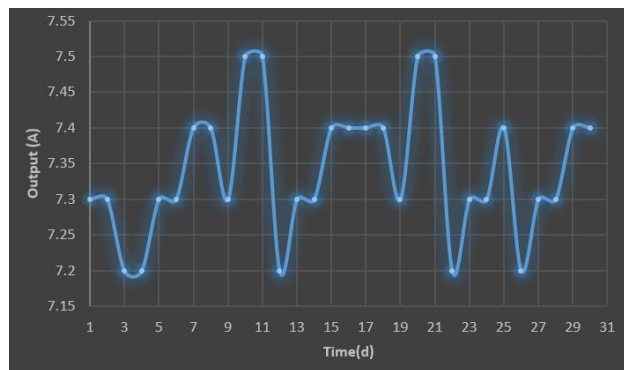
شکل 5 (a): نمودار اندازه گیری، ولتاژ خروجی ترانس رکتی فایر به روش کلاسیک



شکل 5 (b): نمودار اندازه گیری، ولتاژ خروجی ترانس رکتی فایر به روش پیشنهادی



شکل 6 (a): نمودار اندازه گیری، جریان خروجی ترانس رکتی فایر به روش کلاسیک



شکل 6 (b): نمودار اندازه گیری، جریان خروجی ترانس رکتی فایر به روش پیشنهادی

۷- نتیجه گیری

از آنجا که در یک سیستم حفاظت کاتدی سرعت و دقت بالا، دریافت به موقع داده های ترانس رکتی فایر بخصوص پتانسیل نقطه تزریق (Drain) و اطلاع از شرایط کارکرد مطمئن ایستگاه، معیارهای مهم در ارزیابی حفاظت سازه مورد نظر می باشد، لذا نتایج حاصل از گزارشات خروجی نرم افزار طراحی شده بیانگر عملکرد مطلوب و بهینه روش پیشنهادی در موارد یاد شده می باشد، این روش دارای قابلیت اجرا بر روی کلیه خطوط لوله نفت و گاز و دیگر سازه های فلزی مدفون در خاک و همچنین قابل نصب بر روی سیستم های قدیمی نصب شده بدون اعمال هر گونه تغییر است.

بکارگیری این روش باعث کاهش خوردگی از طریق کنترل به موقع ولتاژ نقطه تزریق و همچنین کاهش هزینه و خطرات جاده ای می شود.

۸- سپاسگزاری

در پایان از پرسنل زحمتکش اداره بازرسی و حفاظت فنی شرکت بهره برداری نفت گاز مسجدسلیمان که از ابتدای اجرای پروژه تا پایان آن با اینجانب همکاری را داشته اند کمال تشکر و قدردانی می شود.

۹- مراجع

- [1] 1A. W. Peabody, "Control of Pipeline Corrosion", Nace, Houston, Tex, USA, 2nd edition, 2012
- [2] C. Adrade, C. Alonso, and J. Sarria, "Influence of relative humidity and temperature on the on-site corrosion rebars," in *Fourth CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete*, Sydney, Australia 1997.
- [3] R.B. Hatman and J.E. Wehlig, "Agalvanic zinc-hydrogel system for CP of reinforced concrete structures," in *Proceedings of the International Conference on Corrosion & Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures* vol. 1, 1998.
- [4] K.R. Trethewey and J. Chamberlain, "Corrosion for Science and Engineering", Addison Wesley, England, 1998.
- [5] M. A. Akcayol, "Application of Fuzzy Logic Controlled Cathodic Protection on Iraq-Turkey Crude Oil Pipeline" *Applied Intelligence* 23, 43-50, Springer 2006



چهارمین کنفرانس ملی ایده های نو در مهندسی برق



۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

- [6] A. Bicer , T. Koc , D. Altiparmak , E. Hasdemir , A. Asan , M.A.Akcayol , H. Isik , T. Serter , and N. Eyt , “*Rehabilitation of cathodic protection systems project report* ,” BOTAS , Turkey , 2002.
- [7] G. Jayapalan , G. Agnihotri , and D. M. Deshpande , “Real Time Implementation of Incremental Fuzzy Logic Controller for Gas Pipeline Corrosion Control,” *Hindawi Publishing Corporation*
- [8] M. Golmehraban, “Making Intelligent Monitoring And Remote Controlling Cathodic Protection Systems” *National Iranian Gas company* ,2008