www.IrPDF.com

کاربرد سیستم GPS در حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت

مهندس فرخ فتاحی
مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی آذربایجان
f_fattahi121@yahoo.com

مهندس جعفر غفوری
مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی آذربایجان
Jafar gafouri@yahoo.com

مهندس نوید تقی زادگان کلانتری
مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی آذربایجان
ntaghizadegan@yahoo.com

چکیده:
آنچه که در این پایان‌نامه مورد بررسی قرار می‌گیرد سیستم GPS و کاربرد آن در سیستمهای قدرت است. از جمله مهمترین کاربردهای آن در سیستمهای حفاظتی و به عنوان یک همزمان کننده است. برخی از همزمانیها و با استفاده از GPS شرح داده می‌شود. آنچه که بیشتر از همه باید مورد توجه قرار گیرد این است که با توسعه سسیستمهای قدرت می‌بایست پیشرفت و توسعه‌ای هم در سیستمهای حفاظتی صورت گیرد که این امروزه با کمک GPS امکان پذیر شده است.

کلمات کلیدی: GPS، سنکرونیزاسیون، حفاظت از راه دور، تست هماهنگی، تست همزمانی، عیب‌یابی، PMU و سیتم حفاظتی پشتیبان

1 ـ مقدمه

امروزه در صنعت شاهد رشد روز افزون مباحث دیجیتال و ورود دیجیتال به این عرصه هستیم و به تبع آن سیستمهای آنالوگ به کل در حال خروج از رده کاری مهندسان بویژه مهندسان حفاظت اند، بطوریکه نحوه حفاظت و سیگنال دهی بر روی خطوط نیرو نیز متفاوت شده است. روشهای نوین دیجیتال، حفاظت را مطمئن تر، آسان تر و سریعتر کرده اند و باعث ایجاد بهره وری بیشتر شده اند با توجه به توضیحاتی که در فصل (2) در ارتباط با سیستم GPS داده شد و با توجه به این که این سیستم تا چه حد در حفاظت و کنترل و توسعه سیستمهای قدرت مهم و ضروری است مختصری در مورد انواع کاربرد GPS شرح خواهیم داد.

2 ـ کاربردهای GPS در همزمانی

2 ـ 1 اصل اساسی برنامه زمانی GPS

یک موقعیت جغرافیایی مشخص در زمین توسط سه قسمت در وسط سه منطقه که بین آنتن در موقعیت و هر سه ماهواره تشکیل شده است، مشخص می شود. مختصات موقعیت مورد نظر بر اساس فاصله بین آنتن و ماهواره محاسبه می شود. فاصله بطور منظم توسط جاروب تاخیر زمانی یک سیگنال اندازه گیر محاسبه می شود. بنابراین موقعیت یابی دقیق یک موقعیت بر اساس یک اندازه گیری دقیق از تاخیر زمانی پایه ریزی شده است. ماهواره GPS یک ساعت اتمی ثابت بزرگی را حمل می کند، بطوریکه این ساعت بطور مداوم بوسیله ایستگاههای نمایش زمین کالیبره می شود.

به علت تاثیر هزینه بالای ساعت اتمی، گیرنده های GPS برای نشان دهنده ها از اسیلاتور کریستالی استفاده می کنند که برای همزمانی لازم است. به خاطر یکسو کردن خطای فازی جهت همزمانی، GPS برای سنجیدن چهار ماهواره به منظور رسیدن به یک فاکتور اصلاح کننده در سه بعد لازم است.

زمانی که GPS برای تعیین و مشخص کردن اطلاعات زمانی مورد استفاده قرار می گیرد معمولا آنتن مانند یک عضو ثابت (غیر متحرک) به شمار می آید و مختصات آن ثابت است بطوریکه فقط یک ماهواره می تواند برای اندازه گیری اطلاعات زمانی در نظر گرفته شود. برای این روش انجام کار، مختصات آنتن باید بسیار دقیق تعیین شود به گونه ای که بتواند برای تخمین و یکسو کردن خطا جهت افزایش دقت تعیین مکان و محاسبه زمان مورد استفاده قرار گیرد.

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

2-2 اصل اساسی کاربردهای همزمانی GPS

سیگنال زمانی GPS بطور مستقیم توسط نشان دهنده ها استفاده نمی شود بلکه بیشتر برای همزمان کردن یک "نگهدارنده زمانی" استفاده می شود. به گونه ای که ساعتهای زمانی خارجی کالیبره می شوند. این شیوه بر اساس اجزاء زیر پایه ریزی شده است:

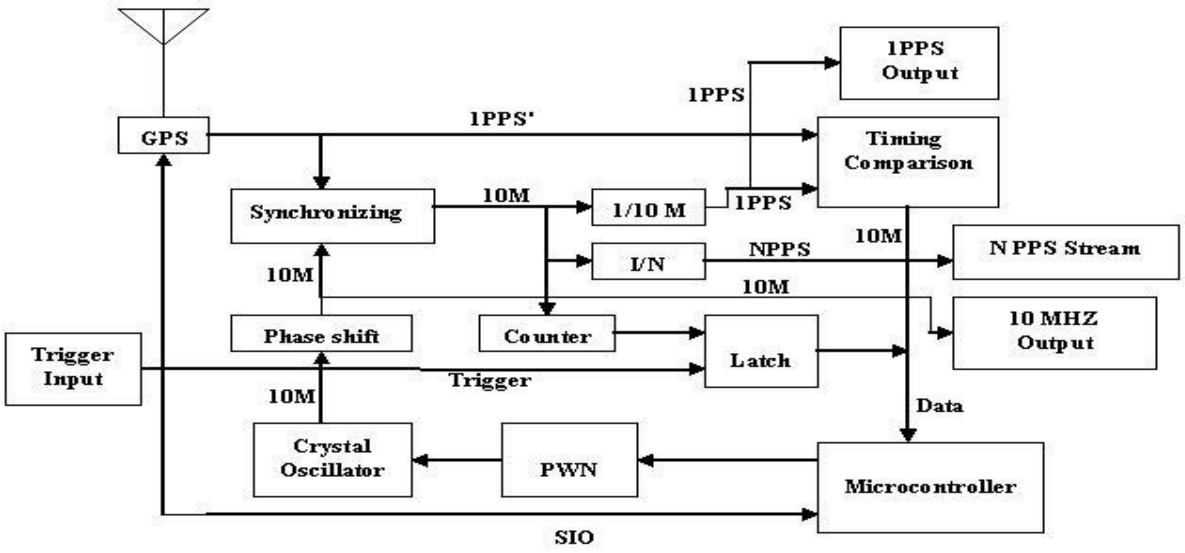
1- سیگنال خروجی از ماهواره GPS معمولا حدود 50 الی 100 نانو ثانیه نوسانات سریع دارد که چندان مورد قبول نیست. این سیگنال "ساعت نگهدارنده زمانی" توسط اسیلاتور کریستالی یا روبیدیومی تولید می شود و معمولا بهترین استحکام را در دوره کوتاه دارد.

2- سیگنال خروجی از ماهواره GPS آماده اتصال دارای گسستگی و تنزل می باشد در حالی که آن برای داشتن یک سیگنال دقیق و ادامه دار برای هدف همزمانی لازم و ضروری است.

3- پالس زمانی ثابت، سیگنالهای 1KPPS یا 1PPS (1 پالس در هر ثانیه - 1 کیلو پالس در هر ثانیه) از ماهواره GPS برای کاربردهای اصلی، مفید و مناسب نیست. برای مثال: اندازه گیری بردار ولتاژ 800 هرتز یا 960 هرتز (800 هرتز برای توان AC با فرکانس 50 هرتز و 960 هرتز برای توان AC با فرکانس 60 هرتز) را نیاز خواهد داشت.

بلوک عملکرد یک ساعت نگهدارنده زمان مخصوصی در شکل 1-1 نشان داده شده است. این بلوک متشکل از همزمان کننده زمانی و کالیبره کننده فرکانسی می باشد. این ساعت لازم و ضروری است زیرا در موردی که نیاز به دقت بسیار زیاد است، دقت در همزمان کردن زمان می تواند فقط بعد از اینکه فرکانس تنظیم شد، تضمین شود.

در شکل 1-1، پالس زمانی PPS (یک پالس در هر ثانیه) و اطلاعات مربوطه توسط GPS تهیه می شوند. ساعت مرجع (فرکانس مرجع) نگهدارنده زمان بوسیله اسیلاتور داخلی تولید می شود که معمولا از اسیلاتور کریستالی یا ساعت روبیدیومی وابسته به عملکرد نیازها، استفاده می کند. سیگنال ساعت اسیلاتور کریستالی بوسیله 1 پالس در هر ثانیه از GPS همزمان می شود. ساعت داخلی همچنین برای اندازه گیری فواصل زمانی بین 1 PPS از GPS و یک 1 PPS تولیدی بوسیله نگهدارنده زمان، دو 1 PPS می تواند تولید کند که بر اساس فاصله زمانی اندازه گیری شده برای تضمین شیفت فازی یا ضرایب در تقسیم کننده فرکانس 1PPS پایه ریزی شود.



www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

شکل 1-1 بلوک دیاگرام عملکرد ساعت همزمان کننده GPS

برای نیازهای شدید در دقت همزمانی، گاهی اوقات فیلتر کردن PPS لازم و ضروری است. فرکانسهای خروجی دیگر مانند 1 KPPS و 100 PPS و PPM و PPH همچنین می توانند تولید شوند. کنتور می تواند در کنار یک Latch (ترمینال) در برخی از کاربردها جهت ثبت زمانهایی که در آن قطع و وصلهای خارجی رخ می دهد، مورد استفاده قرار گیرد. بایتهای کوتاه ساعت سخت افزاری و بایتهای بلند ساعت نرم افزاری استفاده می کنند. میکروکنترلر اندازه گیری مرحله را انجام می دهد و یک یا چندین خروجی سریال و اطلاعات نشان دهنده زمانی را فراهم می کند.

2 ـ 3 اصل اساسی کالیبره شدن یا تنظیم فرکانس بر اساس GPS

Drift پدیده ای است غیر قابل اجتناب در منابع فرکانسی از قبیل اسیلاتور کریستالی یا ساعت روبیدیومی است. منظور از Drift تغییرات اندک در بعضی مشخصه های یک دستگاه نظیر فرکانس، جریان متعادل، جهت، مسیر حرکت و عوامل مشابه به آن. تغییر درجه حرارت یکی از عوامل موثر در تغییر فرکانس و ایجاد حالت عدم تعادل یک مدار است. از Drift در GPS می توان با کالیبره کردن ثابت ایستگاههای زمینی، جلوگیری کرد.

استفاده از پالس زمانی GPS برای شمارش در اسیلاتور کریستالی می تواند فرکانسهای آنها را نیز اندازه گیری کند. اختلاف بین فرکانسهایی که اندازه گیری می شوند و فرکانس مورد انتظار می تواند برای تنظیم نمودن ولتاژ یا سنتزهای دیجیتالی مستقیم (DDS) جهت تطبیق و تنظیم اسیلاتور کریستالی با تضمین دقت خروجی بالاتر، مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به این حقیقت که سیگنالهای زمانی GPS ریپل بالایی دارند، بنابراین تنظیم اسیلاتور کریستالی و یا ساعت روبیدیومی نمی تواند بر اساس اندازه گیری حاصل از یک سیگنال ثانویه برنامه ریزی شود بلکه باید بر اساس نتایج استاتیکی حاصل از زمانهای بیشتر پایه ریزی شود.

شکل 1-1 اندازه گیری کننده فاصله زمانی نه تنها اختلاف بین 1PPS را اندازه گیری می کند بلکه پریود 1 PPS در GPS را نیز اندازه گیری می کند و به این ترتیب فرکانس ساعت داخلی نیز اندازه گیری می شود. بر اساس نتایج حاصل از اندازه گیری میکروکنترلر فرکانس خروجی اسیلاتور خارجی را با تنظیم نمودن ولتاژ یا با استفاده از DDS برای تغییر رشد فاز بر اساس اهمیت دقت در فرکانس ساعت، تنظیم می کند. شیفت دهنده فازی بعد از اسیلاتور به منظور تضمین ثابت ماندن فاز به خوبی همزمانی فرکانس مورد استفاده قرارمی گیرد. اندازه گیری اختلاف فاز و اختلاف در 1 PPS شبیه به هم هستند. این تکنیک همزمانی یا سنکرون شدن زمان، فرکانس، میزان اختلافهای فازی ساعتها را تضمین می کند.

2 ـ 4 کاربرد سنکرون کننده زمانی GPS در سیستمهای قدرت

مباحث و موضوعات زیر نیازمند سنکرونیزاسیون زمانی دقیق می باشند که می تواند بوسیله سنکرونیزاسیون زمانی GPS برآورده شود.

1- حفاظت رله ای

2- تنظیم فرکانسی اتوماتیک سیستم قدرت

3- کنترل بار در نواحی بسیار وسیع شبکه قدرت

4- مدیریت یا کنترل بار

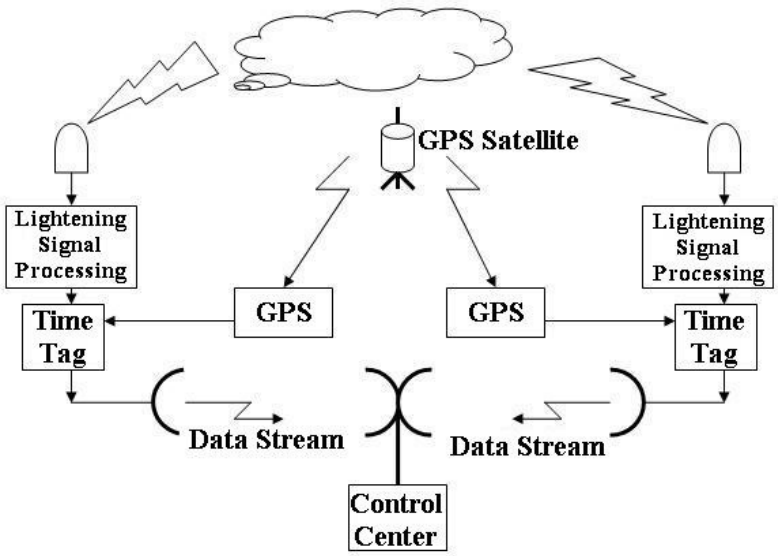
5- تعیین موقعیت عیب در شبکه قدرت و ثبت زمان وقوع عیب.

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

3 ـ عیب یابی

تقریبا 60٪ عیبهای شبکه های قدرت و خطوط انتقال 115 KV و بالاتر وابسته به برخوردهای صاعقه است که به شعله کشی مقره ها می انجامد. ولتاژ بالا بین هادی و برج نگهدارنده زمین وارد شده و یونش بوجود می آورد. این امر برای بارهای القایی ناشی از ضربه صاعقه، مسیری به طرف زمین ایجاد می کند. به محض برقراری مسیر یونی شده به طرف زمین، امپدانس کم این مسیر، اجازه عبور جریان قدرت را از هادی به زمین و از آنجا به نقطه خنثای زمین شده ترانسفورماتور یا ژنراتور می دهد و به این ترتیب مدار کامل می شود. آسیب عایق بندی در خطوط ولتاژ بالا و مختل شدن کار فراهم کنندگان توان برای مشترکین از جمله خطرات ناشی از صاعقه است. این نوع آسیبها می توانند در نواحی اصلی و مهم به منظور دریافت سیگنالهای ناشی از صاعقه و اندازه گیری زمان رسیدن این سیگنالها به ایستگاه مستقر شوند. بر اساس اختلافات زمانی رسیده بین ایستگاهها و محل برخورد صاعقه و تعیین نقطه عیب، می توان سریعا با استفاده از اصل وضعیت یا موقعیت یابی هیپربولا، محل برخورد و نقطه عیب را کشف کرد. هر ایستگاه، زمان ورود سیگنال صاعقه را به مونیتور مرکزی ارسال می کند به گونه ای که یک بانک داده ها برای پردازش داده و ذخیره زمان برخورد و همچنین موقعیتها وجود دارد. وقتی که قطعی برق رخ می دهد ممکن است بتوان محل وقوع عیب را از طریق بانک داده ها بر اساس زمان قطعی، تشخیص و شناسایی کرد. شکل 2-1 سیستم مورد نظر را نشان می دهد. برای مشخص نمودن تغییر ناگهانی و نامطلوب در سطح ولتاژ فرستنده توان، هر ایستگاه نیاز به همزمان کننده زمانی دقیق یا دقت 0/1 µs که منبع همزمانی (سنکرونیزاسیون) برای گیرنده GPS لازم دارد، خواهد داشت.



شکل 2-1 سیستم تعیین موقعیت صاعقه کمک GPS

3 ـ 1 همزمانی ایستگاههای ترانسفورماتوری

یک سری از اندازه گیریهایی که برای حفاظت لازمند وقتی که Glitches در شبکه قدرت اتفاق می افتد، انجام می شود فقط وقتی که مرحله ای از اندازه گیریهای حفاظتی بدرستی ثبت شوند می توان علت

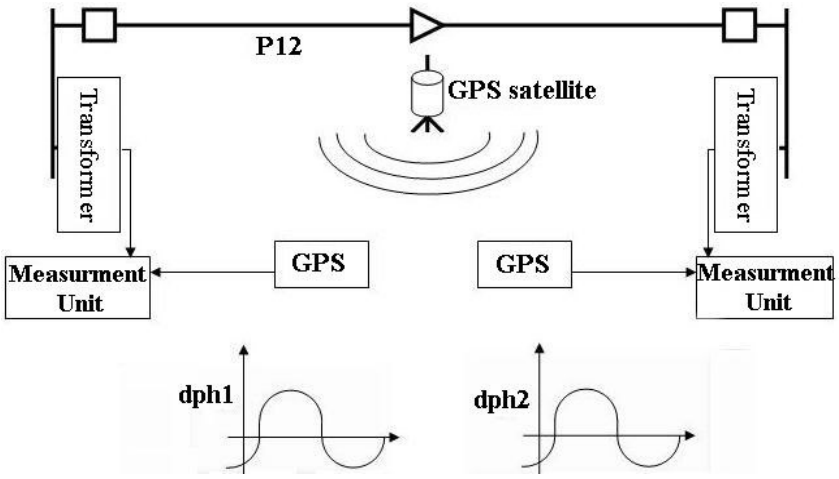
www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

وقوع Glitch ها را بدرستی آنالیز کرد. از آنجا که شبکه قدرت یک سیستم پیشرفته است، فقط وقتی که همه ایستگاههای ترانسفورماتوری همزمان شدند می توان زمانهای مربوط به اندازه گیریهای حفاظتی را ثبت کرد. در این کاربرد نیاز به همزمانی دقیق و بهتر از 1ms می باشد. هر گیرنده GPS با خروجی پالس زمانی می تواند به منظور اهداف سنکرونیزاسیون مورد استفاده قرار گیرد.

3-2 سیستمهای اندازه گیری بردار ولتاژ

اندازه گیری بردار ولتاژ در کنترل پایداری شبکه قدرت بسیار اهمیت دارد. وقتی باری در شبکه قدرت تغییر می کند یا هنگامی که ژنراتورهای قدرت به شبکه اضافه و یا از شبکه حذف می شوند، فازهای شبکه قدرت تحت تاثیر قرار می گیرند. شکل 3-1 سیستم اندازه گیری بردار ولتاژ را نشان می دهد.



شکل 3-1 سیستم اندازه گیری بردار ولتاژ

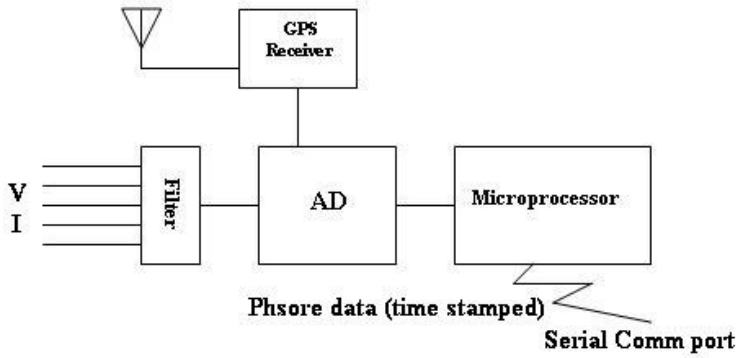
اگر اضافه شدن و یا حذف شدن ژنراتورها از شبکه بر اساس شرایط فازی جریان کنترل نشوند، ناپایداری شبکه ایجاد خواهد شد. بنابراین شبکه قدرت یک ناحیه بسیار گسترده و توسعه یافته است. فقط وقتی که همه نقاط اتصالی (گره ها) به دقت و درستی همزمان شوند، می توان فازهای مربوط به بردارهای ولتاژ را بدرستی و دقت بالا اندازه گیری کرد. این کار نیاز به همزمانی دقیق و بهتر $1\ \mu s$ دارد. هر گیرنده GPS با خروجی پالس زمانی می تواند به منظور اهداف سنکرونیزاسیون مورد استفاده قرار گیرد.

3-3 سیستم اندازه گیری فاز PMU

واحدهای اندازه گیری فاز PMU با استفاده از سیگنالهای سنکرون شده، ماهواره های GPS به طور گسترده ساخته شده و توسعه یافته است. شکل 4-4 یک بلوک و دیاگرام نمونه ای از PMU را نشان می دهد. سیگنال GPS، سیگنال 1PPS پالس در ثانیه را فراهم می کند و زمان در واقع شامل سال، ماه، روز، ساعت، دقیقه، ثانیه است. این زمان می تواند یک زمان موضعی یا UTC باشد. سیگنال 1PPS می تواند معمولا یک اسیلاتور قفل شده فازی در تعداد مورد نیازی از پالسها در هر ثانیه جهت نمونه برداری از سیگنالهای آنالوگ تقسیم می شود. در بسیاری از سیستمها زمان شروع استفاده، 12 زمان در هر سیکل از فرکانس اصلی است. سیگنالهای آنالوگ به ولتاژ و جریان ثانویه ترانسفورماتور تقسیم می شوند.

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com



شکل 1-4 بلوک دیاگرام نمونه ای از PMU

میکروپروسسور فازورهای مرحله مثبت را بر طبق دیاگرام ویژه ای تعیین می کند و پیام زمانی از GPS در ادامه با شماره نمونه برداری در ابتدای پنجره، به فازور نسبت داده می شود بطوریکه Tag ویژه و خاص خود را دارد. ردیفهای پردازش شده ای از فازورها، یکی از هر کدام برای اندازه گیریهای مرحله مثبت، در پیام جاری که با ایستگاه دوردست ارتباط یافته اند، جمع آوری می شوند. پیامها از طریق یک خط ارتباطی مخصوص بین مدم و یا یکی از روشهای ارتباطی دیگر انتقال می یابند.

نتیجه‌گیری:

مطالعات اخیر بر روی خاموشیهای عظیم سیتمهای قدرت که اثبات شده و سابقه‌دار است نشان می‌دهد که رله‌های حفاظتی در اختلال و نا آرامی ایجاد شده دخیل هستند در واقع تریپ اشتباه و غلط سیر کویت بریکرها که باعث عمل رله می‌شود، نقش بسیار مهمی را در آغاز و پخش بسیاری از حوادث و رخدادهای بهمنی ایفا می‌کند. با توجه به آنچه که در این پایان نامه شرح داده شده است و همچنین با توجه به ضروریت و لزوم حفاظت دقیق و صحیح در سیستمهای قدرت لزوم استفاده از GPS در حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت آشکار و روشن می‌شود. آنچه که شرح داده شده است در واقع مروری اجمالی بر سیستمهای کنترلی و حفاظتی با استفاده از تواناییها و قابلیتهای GPS در سیستمهای قدرت است و همچنین استفاده از یک سیستم پشتیبانی که کار اصلی آن پشتیبانی و حمایت دیگر بخشهاست. در واقع سیستم GPS می‌تواند تا حد زیادی پاسخگوی نیازهای سیستمهای کنترلی و حفاظتی سیستمهای قدرت باشد و از جمله ویژگیهای آن عبارتند از: استانداردهای سطح بالا و قابلیت اطمینان برتر و عملکرد مفید و جنبه‌های دیگر.

این سیستم برای پایین نگهداشتن هزینه‌ها و همچنین داشتن یک سیستم هوشمند جهت سازگاری و انطباق بر نیازهای مختلف سیستم قدرت بسیار مناسب و دقیق است. در سالهای آینده شاهد افزایش چشمگیری در کاربرد سیستمهای ارتباطی و مخابرات ماهواره‌ای در سیستمهای قدرت خواهیم بود. بنابراین لازم است جهت رسیدن و برآورده ساختن این نیازها با پیشرفت و توسعه روشهای نوین و البته با هزینه کم و افزایش تواناییها و در دسترس بودن تجهیزات و سیستمهای مختلف، تلاشهای خود را ادامه دهیم.

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

مراجع:

{1}- David L. Hershberger, "GPS Application in Timing Synchronizing", April 2003.
{2} Takashi Kobayashi, Takahiro Oomori, Eiji Ogawa, Yasuo Sato, "Protection and Control System Using Open Network Architecture for Power Systems", Hitachi Hyoron 83, pp.211-214, Feb 2001.
{3}- Alison Brown, Keith Taylor, "Modeling and Simulation of GPS Using Software Signal Generation and Digital Signal Reconstruction", NAVSYS Corporation, Proceeding of the ION National Technical Meeting, Anaheim, January 2000.
{4}-A.R. Katancevic, "Electromechanical Oscillations and Advanced Protection Applications Summery, Student Member. IEE, Published after 1986, till 2002.
{5}- J.C Tan, P.A Crossley, PF. Gale, I. Hall, J. Farrell, "Design and Evaluation of a Wide Area Based Back-Up Protection Expert System", Guangri University (PR China), Queen's University of Belfast (UK), Hathaway (UK), National Grid (UK), Scottish Power (UK), Power System and Communication Infrastructures for the future, Beijing, September 2000.
{6}- Dipling Zeljko, Remhard Kuntner, "Remote Controlled Testing of Communication Schemes for Power System Protection Using Satellite GPS Synchronizing and Modern Communication technology a new approach", Omicron Electronics GMBH, Austria.
{7}- www.Omicron.com
{8}- www.colorado.edu / Geography / Gcraft / Notses / GPS / gps_f.htm-1k

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com