

تجزیه و تحلیل عملکرد تجهیز اکتیو مخابراتی PLC سیستم حفاظت از راه دور خطوط انتقال شبکه قدرت با استفاده از اطلاعات ثبات آن

احمد ابراهیمی^۱

^۱ مدیر امور دیسپاچینگ و مخابرات، شرکت برق منطقه ای زنجان، a_ebrahimi@zrec.co.ir

چکیده

استفاده حداکثری از تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری در عملکرد مطلوب سیستم حفاظتی در زمان رخداد حوادث در شبکه قدرت از ضرورت‌های مهم برای بهره بردار شبکه محسوب می‌شود. از نقاط مهم در شبکه قدرت می‌توان به نقاط مشترک بین واحدهای مختلف در بهره برداری از شبکه قدرت اشاره کرد که یکی از نقاط مورد نظر سیستم حفاظت از راه دور بوده که بهره برداری از آن در دو بخش مخابرات و حفاظت صورت می‌پذیرد.

طرح‌های حفاظتی سیستم حفاظت از راه دور در شبکه قدرت برای تسریع در رفع خطاهای رخ داده و کاهش مدت زمان استرس بر روی تجهیزات شبکه قدرت در زمان وقوع خطا بر روی آن، طراحی و پیاده سازی می‌شود. با عنایت به اهمیت بالای این سیستم، بهره بردار شبکه می‌بایست نسبت به عملکرد صحیح و دقیق آن اطمینان حاصل نماید. یکی از راه‌های دسترسی به این موضوع مهم، استفاده از اطلاعات ثبت شده در واحد ثبات تجهیزات اکتیو سیستم حفاظت از راه دور در دو بخش حفاظت و مخابرات می‌باشد.

در این مقاله تجربه پیاده سازی استفاده از اطلاعات واحد ثبات وقایع تجهیز اکتیو مخابراتی سیستم حفاظت از راه دور در تحلیل عملکرد آن در حوادث شبکه انتقال برای اولین بار پرداخته شده است. در نهایت به نتایج حاصل از پیاده سازی این تجربه در بهبود بخش‌های طراحی، اجرا (پیاده سازی پیکربندی سخت افزاری و نرم افزاری) و بهره برداری از سیستم حفاظت از راه دور اشاره شده است.

کلمات کلیدی

تجهیز اکتیو مخابراتی PLC، سیستم حفاظت از راه دور، ثبات وقایع تجهیز اکتیو مخابراتی، خطوط انتقال شبکه قدرت

است. در راستای طراحی و پیاده سازی پیکربندی سخت افزاری و نرم افزاری یکسان در کل شبکه برق ایران، یک فصل از نظامنامه سیستم رله و حفاظت شبکه انتقال برق ایران به این موضوع اختصاص یافته است.

براساس آمار ارائه شده در گزارش شرکت مدیریت شبکه برق ایران در سال ۱۴۰۱، حدود ۹۹/۸۸٪ از خطوط انتقال ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت شبکه برق انتقال کشور مجهز به سیستم حفاظت از راه دور می‌باشند [۱]. شکل شماره (۱) آخرین وضعیت در مدار بودن سیستم حفاظت از راه دور در شبکه انتقال برق ایران در سال ۱۴۰۱ را نشان می‌دهد:

۱- مقدمه

در راستای کاهش استرس به تجهیزات شبکه قدرت در زمان وقوع حوادث، استفاده از تمام ظرفیت‌های موجود در طرح‌های حفاظتی از ضروریات محسوب می‌شود. یکی از این ظرفیت‌ها، سیستم حفاظت از راه دور در شبکه قدرت می‌باشد. به اینصورت که بهره برداران شبکه با استفاده مشترک از تجهیزات مخابرات و حفاظت، نسبت به کاهش زمان رفع خطا و همچنین کاهش استرس بر روی تجهیزات شبکه خصوصاً تجهیزات خطوط شبکه قدرت اقدام می‌نمایند. در شبکه برق ایران نیز این بستر به صورت گسترده در شبکه انتقال مورد استفاده قرار گرفته

۳- عملکرد تجهیز اکتیو مخابراتی در عملکرد سیستم حفاظت از راه دور در حوادث خطوط انتقال شبکه قدرت

از ابزارهای مهم تحلیل عملکرد هر تجهیز در شبکه قدرت در شرایط عادی و غیرعادی، وجود سیستم‌های ثبت اطلاعات از لحاظ پارامترهای الکتریکی، وضعیت و آلام‌های موجود و زمان دقیق عملکرد آن تجهیز می‌باشد.

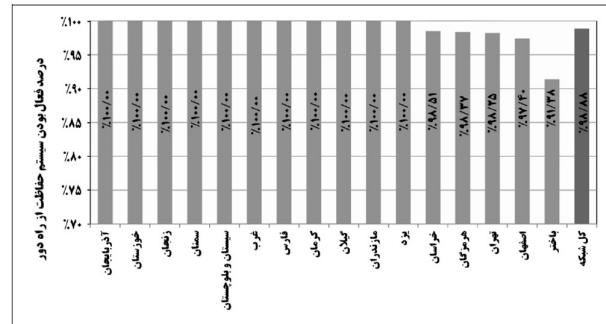
از آنجائیکه سیستم حفاظت از راه دور از دو بخش حفاظت و مخابرات تشکیل شده است لذا عملکرد هر یک از تجهیزات فوق در شرایط عادی و غیرعادی شبکه قدرت می‌بایست توسط واحدهای حفاظت و مخابرات تجزیه و تحلیل گردد.

برای تجزیه و تحلیل دقیق عملکرد سیستم و تجهیزات فوق، می‌بایست اطلاعات مربوط به ارسال و دریافت، زمان ماندگاری و زمان ارسال و دریافت فرامین بین دو تجهیز اکتیو مخابراتی و دو تجهیز حفاظتی در دو پایانه خط در اختیار بهره برداری شبکه باشد. با وجود تجهیز ثبت مرکزی در پست‌های قدیم و یا قابلیت رله‌های نسل جدید به واحد ثبت وقایع، کلیه اطلاعات مورد نظر در تحلیل عملکرد تجهیز حفاظتی در شرایط عادی و غیرعادی شبکه قدرت به وسیله تجهیز مذکور ثبت شده و در اختیار متخصصین بررسی حوادث شبکه قرار می‌گیرد.

در بخش مخابرات این موضوع تاکنون مورد توجه قرار نگرفته و عملکرد تجهیز فوق علیرغم اثرگذاری مستقیم آن در ارسال و دریافت صحیح، به موقع و با ماندگاری مطلوب فرامین، مورد تجزیه و تحلیل از روی اطلاعات واحد ثبت وقایع قرار نگرفته است.

از دلایل مهم عدم توجه به این موضوع در بخش مخابرات می‌توان به قدمت بالای تجهیزات فوق و عدم وجود ثبت در آن، عدم آشنایی متخصصین مخابرات به استفاده از واحد ثبت وقایع برای تحلیل عملکرد تجهیز مخابراتی در سیستم حفاظت از راه دور در حوادث شبکه قدرت و همچنین عدم توجه بهره بردار شبکه به قابلیت‌های موجود در نسل جدید تجهیزات اکتیو مخابراتی و ... اشاره نمود.

با عنایت به اهمیت بالای تجهیزات اکتیو مخابراتی در سیستم حفاظت از راه دور شبکه انتقال برق ایران و وجود قابلیت‌های ثبت اطلاعات عملکرد تجهیز فوق در زمان مشارکت سیستم حفاظت از راه دور در رفع سریع خطاهای رخ داده در شبکه انتقال، می‌بایست تحلیل عملکرد آن از طریق واحد ثبت مورد توجه بهره بردار شبکه قدرت قرار گیرد.



شکل شماره (۱) وضعیت در مدار بودن سیستم حفاظت از راه دور در شبکه انتقال برق ایران در سال ۱۴۰۱

۲- تحلیل عملکرد سیستم حفاظت از راه دور در شبکه انتقال برق ایران در سال‌های اخیر

استفاده حداکثری از ظرفیت سیستم‌های حفاظتی از خواسته‌های بهره برداران شبکه برای بهبود قابلیت اطمینان سیستم حفاظتی و شبکه قدرت می‌باشد. لذا در سال‌های اخیر اهمیت زیادی در خصوص در مدار بودن سیستم حفاظت از راه دور در شبکه انتقال برق ایران از سوی شرکت مدیریت شبکه برق ایران داده می‌شود. در نمودار شماره (۱) آخرین وضعیت در مدار بودن سیستم فوق در خطوط انتقال برق ایران نمایش داده شد.

مطابق گزارشات سالیانه شرکت مدیریت شبکه برق ایران با عنوان "گزارش حوادث شبکه انتقال برق کشور"، مشارکت سیستم فوق در عملکرد مطلوب سیستم حفاظتی و رفع سریع خطا از شبکه در سال‌های اخیر، در جدول شماره (۱) آورده شده است.

جدول شماره (۱): تحلیل مشارکت سیستم حفاظت از راه دور در حوادث

سال	سال	سال	تحلیل عملکرد TPS در حوادث شبکه انتقال
۱۴۰۱	۱۴۰۰	۱۳۹۹	تعداد کل حوادث شبکه انتقال کشور:
۳۴۷	۴۲۴	۴۰۰	تعداد حوادث خطوط انتقال کشور:
۳۴%	۴۰%	۳۵%	درصد مشارکت TPS در حوادث شبکه انتقال کشور:

۴- استفاده از اطلاعات واحد ثبات تجهیز اکتیو مخابراتی در تجزیه و تحلیل عملکرد سیستم حفاظت از راه دور در حوادث خطوط انتقال شبکه قدرت

در جهت ارتقاء کیفیت تجزیه و تحلیل حوادث خطوط انتقال تحت مدیریت شبکه برق منطقه ای زنجان، از سال ۱۴۰۰ نسبت به تدوین برنامه عملیاتی برداشت اطلاعات از واحد ثبات تجهیز اکتیو مخابرات (PLC) توسط گروه مخابرات اقدام گردید. به اینصورت که کلیه اطلاعات عملکرد تجهیز اکتیو مخابرات در سیستم حفاظت از راه دور از واحد ثبات تجهیز فوق در زمان وقوع حوادث بر روی خطوط انتقال برداشت شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در شکل شماره (۲) فرم تحلیل عملکرد تجهیز اکتیو مخابرات در عملکرد سیستم حفاظت از راه دور یک خط انتقال ۲۳۰ کیلوولت از اطلاعات واحد ثبات آن، شکل شماره (۳) نمونه دیگر تحلیل عملکرد تجهیز اکتیو مخابراتی PLC در سیستم حفاظت از راه دور و شکل شماره (۴) فایل نرم افزاری برداشت شده از واحد ثبات پایانه تجهیز اکتیو مخابراتی PLC [۵] در زمان وقوع حادثه گذرا بر روی خط انتقال را نشان می دهد. بنابراین می توان به این نکته اشاره کرد که موضوع مطرح شده از تجربیات و درس آموخته های مهم حاصل از تحلیل حوادث شبکه انتقال در شبکه برق زنجان بوده که می تواند در کل شبکه برق کشور در بهبود تحلیل عملکرد تجهیزات شبکه در زمان وقوع حوادث به آن اشاره کرد.

در راستای پیاده سازی و عملیاتی سازی این موضوع مهم، تجربیات شرح زیر هم حاصل گردید که به نوبه خود می تواند از اسناد مهم در بهره برداری مطلوب از سیستم حفاظت از راه دور در شبکه قدرت برق ایران باشد:

- ۱- تهیه و تدوین و عملیاتی سازی دستورالعمل داخلی بازدید و آزمایش دوره ای تجهیز مخابراتی براساس مشخصات فنی آن [۲].
- ۲- تهیه و تدوین و عملیاتی سازی دستورالعمل داخلی بازدید و آزمایش دوره ای انتها به انتهای زمان واقعی سیستم حفاظت از راه دور [۳].
- ۳- تهیه و تدوین سند فنی استفاده از تجهیز اکتیو مخابراتی سیستم حفاظت از راه دور مجهز به واحد ثبات و GPS [۴].
- ۴- برنامه ریزی آزمایش واقعی انتها به انتهای سیستم حفاظت از راه دور از رله به رله در دو پایانه خط انتقال و اصلاح مدارات دارای اشکال در دو بخش حفاظت و مخابرات.

۵- پیاده سازی طرح های حفاظتی مطابق آخرین ویرایش نظامنامه سیستم رله و حفاظت شبکه انتقال در سیستم حفاظت از راه دور خطوط انتقال تحت مالکیت شرکت برق منطقه ای زنجان (بطوریکه در سال های اخیر عملکرد نامطلوب از سیستم فوق رخ نداده است).

۶- طراحی و برنامه ریزی اجرای حذف تجهیزات اضافی بین رله حفاظتی و تجهیز اکتیو مخابراتی در سیستم حفاظت از راه دور با استفاده از یک سطح ولتاژ برای ارسال و دریافت فرامین (در دست اقدام).

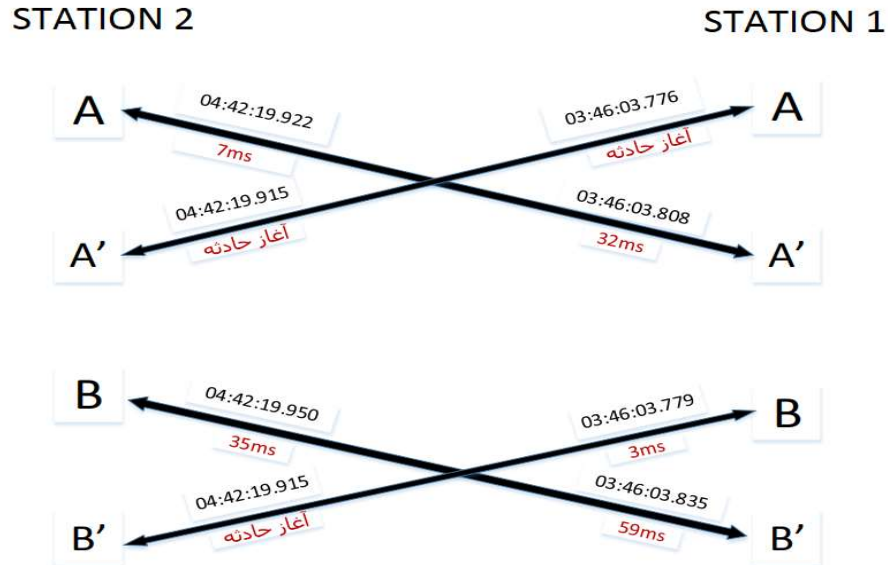
۷- پیاده سازی فرآیند ارائه و اعمال تنظیم پارامترهای نرم افزاری تجهیز اکتیو مخابراتی PLC برای اولین بار در شبکه قدرت برق ایران.

۵- مراجع

- [۱] شرکت مدیریت شبکه برق ایران، گزارش سالیانه تجزیه و تحلیل حوادث شبکه انتقال برق کشور در سال ۱۳۴۱.
- [۲] شرکت برق منطقه ای زنجان، امور دیسپاچینگ و مخابرات، دستورالعمل داخلی بازدید و آزمایش دوره ای تجهیز اکتیو مخابراتی براساس مشخصات فنی آن (ویرایش سوم) در سال ۱۴۰۱.
- [۳] شرکت برق منطقه ای زنجان، امور دیسپاچینگ و مخابرات، دستورالعمل داخلی بازدید و آزمایش دوره ای انتها به انتهای زمان واقعی سیستم حفاظت از راه دور (ویرایش سوم) در سال ۱۴۰۱.
- [۴] شرکت برق منطقه ای زنجان، امور دیسپاچینگ و مخابرات، سند فنی ابلاغ استفاده از تجهیز اکتیو مخابراتی سیستم حفاظت از راه دور مجهز به واحد ثبات و GPS در سال ۱۴۰۲.
- [۵] کاتالوگ تجهیز اکتیو مخابراتی PLC ساخت شرکت های SEL و ABB.

شکل شماره (۲): نمونه فرم تحلیل عملکرد تجهیز اکتیو مخابراتی PLC در عملکرد سیستم حفاظت از راه دور خط انتقال ۲۳۰ کیلوولت غایتی-زنجان

تحلیل عملکرد سیستم‌های پروتکشن (از این ال سی به این ال سی) در حادثه مورخه ۱۴۰۱/۰۸/۰۱ بند ۲۳۰ کیلوولت غایتی-زنجان ۸۰۰										
نام پست	مکان تسخیر	راه وصل کننده	نوع و لنک به ال سی	سیگنال فرمان	عملیات	شروع (ms)	ریست (ms)	مدت زمان ماندگاری (ms)	زمان ماندگاری (ms)	توضیحات
ظایر	۱۳۳۴۱۴۲۸۰۴۰۰	Main 1 Dis Sub 1	ABB	A	دریافت	608	781	173	<input checked="" type="checkbox"/> زمان ماندگاری <input checked="" type="checkbox"/> زمان تسخیر <input checked="" type="checkbox"/> زمان برگشت <input checked="" type="checkbox"/> زمان ریست <input checked="" type="checkbox"/> زمان عملیات	دریافت سیگنال در stb در پایه غایتی با تأخیر ۷۸ میلی ثانیه پس از ارسال سیگنال (شروع حادثه) تاگر بود و در صورتی که تست اکتیو به اکتیو زمان واقعی انجام پذیرد تا زمان که تست انجام پذیرد زمان بین زمان PLC تا اکتیو زمان دستور است بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات
					دریافت	649	793	144	<input checked="" type="checkbox"/> زمان ماندگاری <input checked="" type="checkbox"/> زمان تسخیر <input checked="" type="checkbox"/> زمان برگشت <input checked="" type="checkbox"/> زمان ریست <input checked="" type="checkbox"/> زمان عملیات	دریافت سیگنال در فرمان stb در پایه غایتی با تأخیر ۷۸ میلی ثانیه پس از ارسال سیگنال (شروع حادثه) تاگر بود و در صورتی که تست اکتیو به اکتیو زمان واقعی انجام پذیرد تا زمان که تست انجام پذیرد زمان بین زمان PLC تا اکتیو زمان دستور است بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات
					دریافت	686	802	116	<input checked="" type="checkbox"/> زمان ماندگاری <input checked="" type="checkbox"/> زمان تسخیر <input checked="" type="checkbox"/> زمان برگشت <input checked="" type="checkbox"/> زمان ریست <input checked="" type="checkbox"/> زمان عملیات	دریافت سیگنال در فرمان stb در پایه غایتی با تأخیر ۷۸ میلی ثانیه پس از ارسال سیگنال (شروع حادثه) تاگر بود و در صورتی که تست اکتیو به اکتیو زمان واقعی انجام پذیرد تا زمان که تست انجام پذیرد زمان بین زمان PLC تا اکتیو زمان دستور است بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات
					دریافت	695	833	188	<input checked="" type="checkbox"/> زمان ماندگاری <input checked="" type="checkbox"/> زمان تسخیر <input checked="" type="checkbox"/> زمان برگشت <input checked="" type="checkbox"/> زمان ریست <input checked="" type="checkbox"/> زمان عملیات	دریافت سیگنال در فرمان stb در پایه غایتی با تأخیر ۷۸ میلی ثانیه پس از ارسال سیگنال (شروع حادثه) تاگر بود و در صورتی که تست اکتیو به اکتیو زمان واقعی انجام پذیرد تا زمان که تست انجام پذیرد زمان بین زمان PLC تا اکتیو زمان دستور است بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات
					دریافت	719	889	170	<input checked="" type="checkbox"/> زمان ماندگاری <input checked="" type="checkbox"/> زمان تسخیر <input checked="" type="checkbox"/> زمان برگشت <input checked="" type="checkbox"/> زمان ریست <input checked="" type="checkbox"/> زمان عملیات	دریافت سیگنال در فرمان stb در پایه غایتی با تأخیر ۷۸ میلی ثانیه پس از ارسال سیگنال (شروع حادثه) تاگر بود و در صورتی که تست اکتیو به اکتیو زمان واقعی انجام پذیرد تا زمان که تست انجام پذیرد زمان بین زمان PLC تا اکتیو زمان دستور است بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات
					دریافت	706	884	178	<input checked="" type="checkbox"/> زمان ماندگاری <input checked="" type="checkbox"/> زمان تسخیر <input checked="" type="checkbox"/> زمان برگشت <input checked="" type="checkbox"/> زمان ریست <input checked="" type="checkbox"/> زمان عملیات	دریافت سیگنال در فرمان stb در پایه غایتی با تأخیر ۷۸ میلی ثانیه پس از ارسال سیگنال (شروع حادثه) تاگر بود و در صورتی که تست اکتیو به اکتیو زمان واقعی انجام پذیرد تا زمان که تست انجام پذیرد زمان بین زمان PLC تا اکتیو زمان دستور است بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات
					دریافت	755	903	148	<input checked="" type="checkbox"/> زمان ماندگاری <input checked="" type="checkbox"/> زمان تسخیر <input checked="" type="checkbox"/> زمان برگشت <input checked="" type="checkbox"/> زمان ریست <input checked="" type="checkbox"/> زمان عملیات	دریافت سیگنال در فرمان stb در پایه غایتی با تأخیر ۷۸ میلی ثانیه پس از ارسال سیگنال (شروع حادثه) تاگر بود و در صورتی که تست اکتیو به اکتیو زمان واقعی انجام پذیرد تا زمان که تست انجام پذیرد زمان بین زمان PLC تا اکتیو زمان دستور است بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات
					دریافت					دریافت سیگنال در فرمان stb در پایه غایتی با تأخیر ۷۸ میلی ثانیه پس از ارسال سیگنال (شروع حادثه) تاگر بود و در صورتی که تست اکتیو به اکتیو زمان واقعی انجام پذیرد تا زمان که تست انجام پذیرد زمان بین زمان PLC تا اکتیو زمان دستور است بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات
					دریافت					دریافت سیگنال در فرمان stb در پایه غایتی با تأخیر ۷۸ میلی ثانیه پس از ارسال سیگنال (شروع حادثه) تاگر بود و در صورتی که تست اکتیو به اکتیو زمان واقعی انجام پذیرد تا زمان که تست انجام پذیرد زمان بین زمان PLC تا اکتیو زمان دستور است بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات
					دریافت					دریافت سیگنال در فرمان stb در پایه غایتی با تأخیر ۷۸ میلی ثانیه پس از ارسال سیگنال (شروع حادثه) تاگر بود و در صورتی که تست اکتیو به اکتیو زمان واقعی انجام پذیرد تا زمان که تست انجام پذیرد زمان بین زمان PLC تا اکتیو زمان دستور است بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات
					دریافت					دریافت سیگنال در فرمان stb در پایه غایتی با تأخیر ۷۸ میلی ثانیه پس از ارسال سیگنال (شروع حادثه) تاگر بود و در صورتی که تست اکتیو به اکتیو زمان واقعی انجام پذیرد تا زمان که تست انجام پذیرد زمان بین زمان PLC تا اکتیو زمان دستور است بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات بین زمان PLC تا بررسی عملیات



شکل شماره(۳): نمونه فایل نموداری تحلیل ارسال و دریافت فرامین و مدت زمان ارسال و دریافت و ماندگاری آنها بین دو تجهیز اکتیو مخابراتی PLC در دو پایانه خط انتقال

EQUIPMENT NAME: Takestan230-Abhar230
 EQUIPMENT ADDRESS: 0

DATE	TIME	COMMANDS:									U
		Rx A	Rx B	Rx C	Rx D	Tx A	Tx B	Tx C	Tx D		
1/14/2022	14:18:33.354	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
1/14/2022	14:18:33.384	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
1/14/2022	14:18:33.392	1	1	0	0	1	0	0	0	1	
1/14/2022	14:18:33.408	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
1/14/2022	14:18:33.432	1	1	0	0	0	1	0	0	1	
1/14/2022	14:18:33.443	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
1/14/2022	14:18:33.544	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
/14/2022	14:18:33.554	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

شکل شماره(۴): نمونه فایل نرم افزاری برداشت شده از واحد ثبات پایانه تجهیز اکتیو مخابراتی PLC خط انتقال