HOT LINE چیست
نگرشی به تعمیرات خط گرم و روند فعالیت آن در ایران

مهدی رجبی
گروه مهندسی برق و کامپیوتر
دانشگاه آزاد واحد یزد

چکیده: یکی از بزرگترین مشکلات شبکه های توزیع و انتقال ایجاد خاموشی در شبکه چه به صورت دستی و چه به صورت اتوماتیک می باشد. ضربه به پیکرهٔ دولت و اقتصاد ملی ، نارضایتی مشترکان صنعتی ، خانگی و کشاورزی از اعمال خاموشی در شبکه و آسیب تجهیزات فشار قوی درهنگام قطع و وصل مجدد از جمله پی آمدهای خاموشی است. به جرأت و با اطمینان می توان گفت تعمیرات به صورت گرم (HOT LINE) مناسب ترین راه جهت کاهش خاموشی های شبکه و بالا بردن اطمینان و پایداری خط است. در این مقاله با توجه به معضلات ایجاد شده به علت خاموشی ، روش بهینه کردن سیستم با بهره جستن از تکنولوژی HOT LINE مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

کلمات کلیدی : *خط گرم ، HOT LINE ، خاموشی ، ایپوکسی گلاس ،فرمان از دور ، فرمان نزدیک.*

۱-مقدمه

همواره یکی از بزرگترین معضلات شرکتهای برق ، وقوع خاموشی در شبکه هاست.شکستگی یا ترک خوردگی مقره ها ، شکستگی تیره و پایه ، نشت کراس آرم، خرابی تجهیزات ایمنی مثل کت اوتها ،برق گیرها و بسیاری موارد دیگر ، دلایلی برای ایجاد خاموشی در شبکه ها هستند . علاوه بر تمام موارد فوق انجام مانورهای دوره ای جهت بررسی وضعیت خطوط و نیز ایجاد تغییرات در شبکه بر حسب موقعیت و شرایط تعداد زیادی از خاموشی ها را به خود اختصاص می دهد.

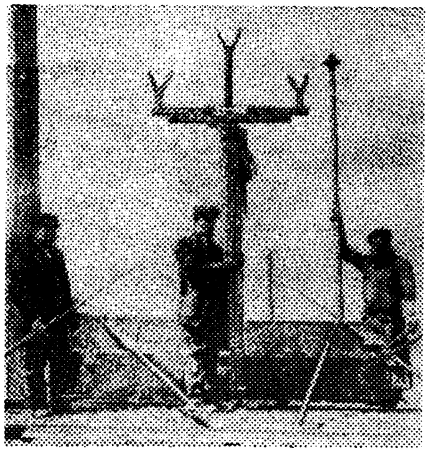
امروزه در کشورهای پیشرفته ،خاموشی حتی به مدت چند ثانیه نیز توجیه ناپذیر بوده و اعتراض بسیاری از مشترکان و صاحبان صنایع را در پی خواهد داشت. محققان و متخصصان برق از گذشته ای دور به این موضوع توجه داشته اند که به زودی روزی فرا خواهد رسید که برای تعمیرات نمی توان برق را قطع کرد. پس مطالعه و تحقیق در زمینهٔ تعویض تجهیزات در خطوط برقدار (خط گرم) بدون اعمال خاموشی آغاز شد. به تدریج و با گذشت زمان و ساخت عایقهای بهتر ، این تکنولوژی به صورتی فراگیر در کل جهان به اجرا در آمد.

در این مقاله سعی شده است با ارائه تاریخچه ای از تعمیرات خط گرم ، سیر تحول و روند پیشرفت این نوع تعمیرات در جهان و ایران مورد بررسی قرار گیرد و سپس با نگرشی به مشکلات ایجاد شده به علت خاموشی ، نیازبه HOT LINE در بعد اقتصادی توجیه گردد و در نهایت به بررسی چگونگی عملیات خط گرم خواهیم پرداخت.

www.barghnews.com

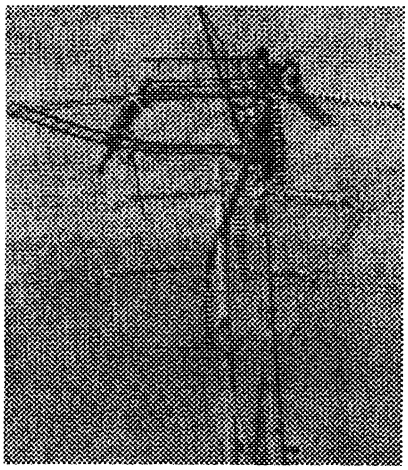
۲-تاریخچه

تعمیرات خط گرم برای نخستین بار در سال ۱۹۱۳ در ایالت اُهایو آمریکا صورت گرفت . در آن زمان ابزار بسیار ساده و ابتدایی مثل چوبهای بلند (STICK) در اختیار سیم بانان قرار می گرفت که با آن سیم برقدار را از محدودهٔ کار خود دور کرده و تعویض مقره های شکسته را انجام می دادند. به دلیل عدم فن آوری در عایق سازی و ایجاد امنیت برای سیم بانان عملیات محدود به شکبه های تا سطح ۱۱ KV بود و برای ولتاژهای بالاتر چوبهای استیک جوابگو نبودند . با توجه به سودسرشار مالی در این نوع تعمیرات شرکتهای دیگر نیز به این نوعتکنولوژی روی آوردند . به طوری که از سال ۱۹۱۳ تا ۱۹۲۰سه شرکت سازندهٔتجهیزات خط گرم در ایالتهای مختلف آمریکامشغول به کار شدند . بزرگترین شرکت فعال در آن سالها شرکتTips Tools بود که پیشرفتهای خوبی در این زمینه بدست آورد به طوری که انجام عملیات را تا سطح ۳۳ KV امکان پذیر ساخت .



شکل ۱- ابزار ابتدایی سال ۱۹۱۳

حال مشکل دیگر این بود که کارگران از کار در شبکهٔ خط گرم هراس داشتند چرا که معتقد بودند ابزار آلات فعلی نمی تواند امنیت آنان را برقرار کند . اما به تدریج سیم بانان دریافتند که با رعایت فاصلهٔ ایمنی و با استفاده از تجهیزات ایمنی هیچ خطری آنان را تهدید نمی کند . به این ترتیب گامی دیگر درجهت فراگیر شدن تعمیرات خط گرم برداشته شد . با ساخت عایقهای بهتر، انجام تعمیرات تا سطح KV ۶۶ و در سال ۱۹۳۵ تا سطح ۱۱۰ KV ممکن شد . در همان سالها (۱۹۳۷) شرکت آمریکایی A.B.Chance شرکت TIPS TOOLS را خریداری کرده و تمامی فعالیتهای شرکت را معطوف به مطالعه در زمینهٔ تجهیزات خط گرم کرد. نتیجهٔ این امر شگفت انگیز بود به طوری که در سال ۱۹۴۸امکان تعمیرات تا سطح ۳۰۰kv ارتقاع یافت . اُجی – اندرسون(O.G.Anderson) و ام – آر – پارکین (M.R.Parkin) دو تن از مهندسان شرکت چنس بودند که روشی را برای تعویض مقره های آسیب دیده در خط ۲۸۷ کیلوولتی هاور دام(HOOVER DAM) به صورت گرم ابداع نمودند .در سال ۱۹۵۴تعمریات در خط ۳۴۵کیلو ولتی ایالت میشیگان با ابزارهای با جنس MAPLAC امکان پذیرفت. تا پیش از آن جنس ابزارها از چوبهای فشرده ای بودکه در شیار آنها روغنهای خاصی تحت فشار زیاد تزریق شده بود. MAPLAC در حقیقت پوشش دیگری بود که بر روی این چوبه قرار می گرفت و سطح عایقی را بالاتر می برد . اما با احداث شبکهKV ۵۰۰ ، ابزارهای MAPLAC نیز دیگر جوابگو نبودند . پس کارشناسان در ابتدا به فایبرگلاسها چشم دوختند ، اما شکنندگی آنها ، خیلی زود باعث خارج شدنشان از گردونه شد. سرانجام مطالعات زیاد کارشناسان چنس نتیجه گرفت به طوری که در سال ۱۹۵۹ مادهٔ شیمیای بنام ایپوکسی گلاس (EPOXIGLAS) تولید شد که با درجهٔعایقی بسیار خوب(KV ۱۰۰ در هر فوت) و مقاومت مکانیکی عالی جایگزین کلیه مواد درساخت تجهیزات خط گرم تا کنون شده است.ایپوکسی گلاس از خانوادهٔرزین هاست که زیر مجموعه ای از پلیمرها هستند و در شرایط سنتزخاص می توان مقاومت مکانیکی بسیار خوب به همراه مقاومت الکتریکی عالی را از آنها بدست آورد . جنس قسمت عایق تجهیزات خط گرم از ایپوکسی گلاس و جنس قسمتهای فلزی آن از آلیاژ آلومینیوم



شکل ۲- کار در شبکه ۳۴۵kvمیشیگان

www.barghnews.com

حرارت دیده است که با وزن کم مقاومت مکانیکی خوبی را ایجاد می کند .

در حال حاضر شرکتهای زیادی در جهان مشغول به تولید تجهیزات خط گرم هستند که بزرگترین این شرکتها شرکت Hubble power system است و امکان هر نوع تعمیر برروی خطوط تا سطوح ۷۵۰ kv مهیا می باشد .[۱]

۳- روند تعمیرات خط گرم در ایران

عملیات خط گرم در ایران در سال ۱۳۵۳ مورد توجه کارشناسان صنعت برق قرار گرفت به همین دلیل طی قرار دادی شرکت آمریکایی فیلکو ملزم به آموزش و راه اندازی گروه های خط گرم در ایران شد. پس از آموزش تعدادی استاد کار ، گروه های خط گرم در تهران و خوزستان فعال شدند و برخی تعمیرات تا سطح ۲۰ kv و بعضاً ۶۳ kv به صورت گرم انجام می شد. با وقوع انقلاب اسلامی و متعاقب آن جنگ تحمیلی و خروج متخصصان آمریکایی از ایران ، تعمیرات خط گرم به تدریج مورد بی توجهی قرار گرفت به طوری که در دهۀشصت تقریباً هیچ گونه تعمیرات خط گرمی در ایران صورت نپذیرفت .

با توجه به نیاز عمدۀ کشور به این تکنولوژی ، وزارت نیرو تعمیرات خط گرم را در سیاستهای برنامه ریزی خود مد نظر قرار داده است که از آن جمله می توان به راه اندازی گروه های خط گرم در تهران ، خراسان و اصفهان اشاره کرد . همچنین برنامه ریزی جهت فعالیت این گروه ها در فارس نیز در دستور کار شرکتهای تابعۀوزارت نیرو قرار گرفته است . [۲]

۴-چرا HOT LINE

به راستی اهمیت HOTE LINE در چیست ؟ مگر اعمال خاموشی چه عواقبی را در پی خواهد داشت ؟
برای پاسخ به سؤال فوق باید خسارت ناشی از خاموشی را در ۳ بعد کلی بررسی کرد تا به اهمیت HOT LINE پی برد.

همانطور که می دانیم از سرمایه گذاری در صنعت برق به عنوان سرمایه گذاری کلان یاد شده که با توجه به سیاستهای اخذ شده توسط دولت و وزارت نیرو انجام می شود . به گفتۀ کارشناسان وزارت نیرو در صنعت برق ایران از بدو امر تا کنون بیش از هفت هزار میلیارد تومان(۷/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰) سرمایه گذاری شده است و با توجه به گسترش نیاز مردم، سالانه مبلغی افزوده می شود .با توجه به اینکه تنها راه برگشت سرمایه ، فروش برق به مصرف کننده است ، پس اگر به هر دلیلی، خواسته یا ناخواسته ، خطوط انتقال یا توزیع قطع گردد و برقی به دست مصرف کننده نرسد ، در حقیقت اولین ضرر متوجه پیکرۀ دولت خواهد بود. .[۳]

این موضوع را در سال ۷۷ به وضوح مشاهده کردیم . با توجه به برنامه ریزی ها و پیش بینی های انجام شده در سال ۷۷ می بایست معادل ۸۰ میلیارد کیلووات برق به مشترکان فروخته شود . با توجه به متوسط نرخ ۶۰ ریال در آن سال ، پیش بینی شده بود که ۴۸۰ میلیارد تومان درآمد وزارت نیرو ناشی از فروش برق در سال ۷۷ باشد ، اما در پایان سال اعداد و ارقام نشان داد که آن وزارتخانه با بیش از ۹۵ میلیارد تومان کسری بودجه مواجه کشته است که یکی از دلایل آن وقوع خاموشی و عدم فروش برق به مصرف کننده بوده است.

همانگونه که ذکر شد اولین ضرر متوجۀ پیکرۀ دولت شد ، اما ضرر بیشتر و بزرگتر متوجۀ اقتصاد ملی شد، چرا که وزارت نیرو ناچار گشت کسری بودجه را با کاهش اعتبارات برای طرح های جدید جبران نماید به این ترتیب تاریخ بهره برداری از طرحهای جدید بیش از یک سال به تعویق افتاد. [۴]

مشترکین صنعتی نیز از اعمال خاموشی در شبکه ناراضی و گله مند بوده و هستند و این نارضایتی عواقب جدی و خطرناکی مثل عدم اطمینان برای سرمایه گذاری جدید و یا عدم توسعۀبخشها را در پی داشته است که این موضوع نیز تأثیر منفی در ایجاد اشتغال و میزان تولید واحدهای تولیدی داشته است.

www.barghnews.com

خسارت ایجاد شده در اثر خاموشی را می توان به چهار دسته کیل تقسیم کرد:

۱- خسارت ناشی از کاهش تولید به علت تعطیل شدن خط تولید در اثر خاموشی.

۲- خسارت ناشی از ایجاد ضایعات در خط تولید در هنگام تولید محصولات .

۳- خسارت ناشی از بیکاری پرسنل تولید به هنگام خاموشی .

۴- خسارت ناشی از آسیب دیدگی تجهیزات کارخانه جات به هنگام قطع و وصل برق .

با توجه به موارد فوق اهمیت وجود یک شبکهٔ پایدار برای صنایع کاملاً مشهود است. این موضوع برای مشترکان کشاورزی نیز کاملاً صدق می کند . همچنین مشترکان خانگی نیز در قبال پرداخت هزینه های برق انتظار وجود یک شبکهٔ پایدار و بدون خاموشی را دارند و خلاصه آنکه وقوع خاموشی در شبکه باعث ایجاد نارضایتی برای کلیهٔ مشترکان (صنعتی ، کشاورزی ، خانگی) می شود و ضررهای اقتصادی زیادی را در پی خواهد داشت .

یکی دیگر از مضررات خاموشی تأثیر جریانهای سوئچینگ در تجهیزات فشار قوی می باشد. با هر بار قطع و وصل بریکرها ، جریانهای شدیدی در شبکه جاری می شود که به طرز غیر قابل انکاری بر روی تجهیزات اثر نامطلوب داشته و باعث کاهش طول عمر و بعضاً خرابی تجهیزات فشار قوی می شود . همچنین استهلاک ناشی از هر بار قطع و وصل بریکرها و تأثیر مستقیم آن بر روی روغنها را نمی توان از نظر دور داشت. با توجه به هزینهٔ سنگین تجهیزات فشار قوی ، نگهداری صحیح و بهره برداری مناسب از آنها دارای اهمیت خاصی است و یکی از بهترین راه های بهره برداری کاهش تعداد دفعات قطع و وصل می باشد .

باتوجه به آنچه که گفته شد واضح است که خاموشی نتایج زیر را در پی خواهد داشت .

۱- عدم فروش برق (انرژی توزیع نشده) و در نتیجه ضربه به پیکرهٔ دولت ، وزارت نیرو و اقتصاد ملی.

۲- عدم رضایت مشترکان .

۳- خسارت تجهیزات ناشی از جریانهای سؤیچینگ.

حال سؤال اینست که برای کاهش خاموشی چه می توان کرد؟

خاموشی به دو صورت است:

۱- ناخواسته یا بدون برنامه ریزی .

۲- خواسته یا با برنامه ریزی .

خاموشی های ناخواسته در اثر ایجاد فالت در شبکه ایجاد شده و خط به صورت اتوماتیک از مدار خارج می شود . وقوع اتصال کوتاه مثال بارزی برای این نوع خاموشی هاست .

خاموشی های با برنامه ریزی جهت انجام تعمیرات و مانورهای دوره ای بر روی خطوط صورت می پذیرد . عمده ترین دلایل این خاموشی ها عبارت است از : شکستگی مقره ها ، نشت کراس آرم ، شکستگی تیر و... .

برای کاهش خاموشی بدون برنامه ریزی لازم است که گروه های بازرسی خط تشکیل شود و این گروه ها خطوط را مورد بررسی قرار داده و مشکلات خط را طی گزارشی به گروه عملیات خط ابلاغ کنند . سپس گروه عملیات به محل اعزام و اقدام به رفع مشکل می کند . این مشکل می تواند شکستگی یا نشت یک مقره باشد که در صورت عدم تعویض به موقع ، باعث ایجاد خاموشی در شبکه می شود .

خاموشی های با برنامه ریزی را نیز می توان توسط هماهنگی با گروه عملیات خط گرم کاهش و حتی به صفر رساند. مثلاً عملیات شجره زنی یکی از مواردیست که توسط کارگران خط گرم به سادگی انجام شده و مانع ایجاد خاموشی چندین ساعته در سیستم می گردد .

امروزه در کشورهای جهان عملیات خط گرم به صورت امری متداول و عادی ،در حال انجام است و با این روش مانع از ایجاد ضررهای اقتصادی فراوان و نارضایتی مشترکان می گردند . با بهره گیری از تکنولوژی HOT LINE یا

www.barghnews.com

تعمیرات خط گرم ، تعداد خاموشی ها به میزان چشمگیری کاهش خواهد یافت ، چرا که بسیاری از مانورها و تعمیرات خطوط به صورت گرم قابل اجرا هستند .

۵-عملیات خط گرم

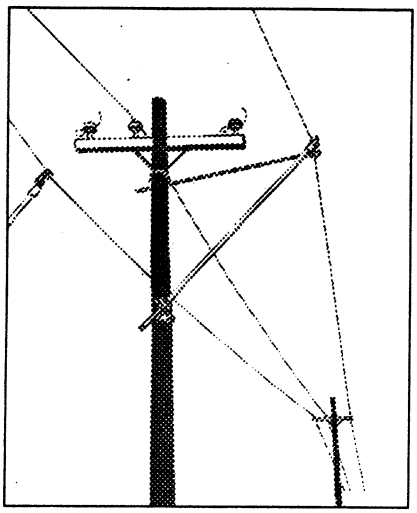
عملیات خط گرم به دو صورت کلی انجام می شود :

۱- عملیات فرمان از دور

۲- عملیات فرمان نزدیک

در نوع اول همانگونه که از اسم آن پیداست سیم بان بدون اینکه از فاصلهٔ مجاز ایمنی نزدیک تر شود با استفاده از ابزارهای خاص به صورت Remote Control قادر خواهد بود کلیه تعمیرات را انجام دهد. عمدترین این ابزارهای عبارتند از : سیم گیرها (Wire tongs) ، چوبهای اصلی (Tie sticks) چوبهای رابط (Line Sticks) ، بازوهای کمکی (Auxilary Arms) ، حاملهای کششی(Rural Strain Carrier) ،نردبانها و سکوهای عایق (Ladder & PlatForm) (Epxiglas) ، پوششها و کاورهای عایق (Cover up equipment) و...

روند کلی این نوع تعمیرات به این صورت است که سیم بان با استفاده از ابزارهای مخصوص سیم حامل جریان را از حوزهٔ کار خود دوره کرده و آنرا در کناری مهار می کند . (شکل۳و۴)سپس مقره ، کراس آرم و یا هر آنچه را که لازم باشد مثل برق گیر ، کت اوت و ... را تعویض کرده و سپس سیم را به جای خود بر می گرداند .



شکل ۳- دور کردن سیم توسط سیم گیرها

این عملیات ضریب ایمنی(Safety) بالایی داشته و چون سیم بان حتی وارد حوزه میدان خط نیز نخواهد شد ، پس هیچ خطری او را تهدید نمی کند .[۵]

اما در برخی موارد با حالت خاصی مواجه می شویم . مثلاً اگر اشپیل در گوشتکوبی مقره زنگ زده بادشد دیگر نمی توان به سادگی و از راه دور مقره را آزاد کرد. در این حالت نوع دوم عملیات یعنی فرمان از نزدیک انجام می شود .

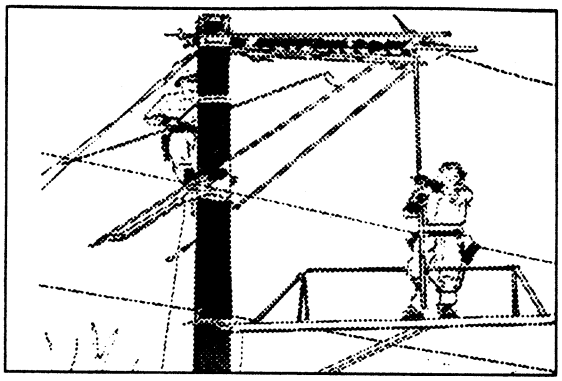
شکل ۴- استفاده از دستکش، آرنجبند و باکت در شبکه ۲۰ KV

این نوع عملیات برای دو سطح ولتاژی تا ۲۰ kv و از ۲۰ kv به بعد کاملاً متفاوت است . در سطوح تا ۲۰ kv سیم بان با استفاده از دستکش ها و آرنجبند عایق ، به خط نزدیک می شود . سیم بان باید ارتباط الکتریکی خود را نسبت به زمین قطع کند . این امر با قرار گرفتن در باکت کامیون مخصوص یا ایستادن بر روی سکوی عایق انجام می شود . (شکل ۴و۵) در این حالت سیم بان می تواند به خط نزدیک شده و کلیه تعمیرات را انجام دهد .

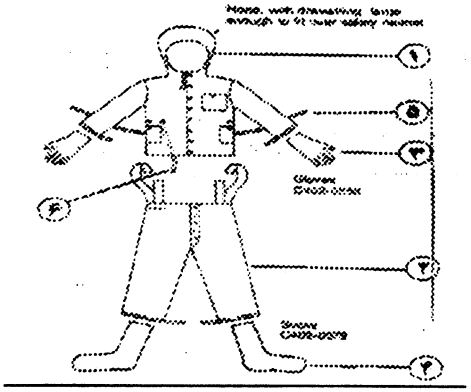
اما در سطوح ولتاژی بالاتر کار به این سادگی نمی باشد . عملیات فرمان از نزدیک از سطح ۶۳ kv به بعد به صورت هم پتانسیل سازی با شبکه انجام می شود .جهت این کار لازم است که سیم بان لباس مخصوص برهند(Barehand) را پوشیده و خود راکاملاً نسبت به زمین عایق نماید.

جنس لباس برهند از الیاف نقره می باشد.به این ترتیب لباس کاملاً هادی بوده وچون مقاومت آن بسیار کم است جریان های شارژینگ از سطح لباس عبور کرده وهیچ تأثیری بر بدن انسان نخواهند داشت.

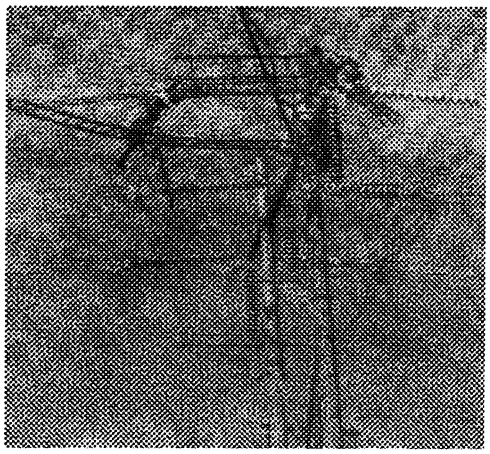
www.barghnews.com



شکل ۵- استفاده از سکوی عایق برای عملیات هم پتانسیل سازی



شکل ۶- اجزاء مختلف لباس برهند



شکل ۷- استفاده از نردبان عایق ولباس برهند جهت هم پتانسیل سازی در شبکه ۲۳۰KV

سیم بان با ایستادن بر روی نردبان های مخصوص، ارتباط خود را نسبت به زمین قطع کرده ونسبت به زمین ایزوله می شود. درنهایت سیم بان وارد حوزهٔ خط شده وگیرهٔ مخصوص لباس را به سیم حامل ولتاژ وصل میکند. دراین حالت او باشبکه هم پتانسیل می شود وچون از دو نقطه دارای یک پتانسیل هیچ جریانی عبور نمی کند پس از بدن سیم بان نیز جریانی عبور نکرده و وی قادر به انجام تعمیرات درشبکه خواهدبود.

در اینجا ذکر دو نکته ضروری است:

اول آنکه عملیات هم پتانسیل سازی درمواقعی انجام می شود که به هیچ وجه نتوان عملیات فرمان از دور را انجام داد.

دوم آنکه چون خطوط فشار قوی (High Voltage) دارای میدان الکتریکی شدیدی هستند و این میدان جدا از ایجاد پدیده کرونا و جریانهای شارژینگ باعث تأثیر بر متابولیسم کربوهیدراتها و پروتئینهای موجود دربدن می شود و بر تنفس سلولها تأثیر گذار است لذا مدت زمان کار درشبکه به هنگام هم پتانسیل سازی محدود بوده و مطابق جدول زیرمشخص می شود:

جدول شماره ۱- مدت زمان کار در میدان

شدت میدان بر حسب KV/m	مدت زمان کار در میدان بر حسب دقیقه
5>...	بدون محدودیت زمانی
5-10	۱۸۰ دقیقه
10-15	۹۰ دقیقه
15-20	۱۰دقیقه
...>25	بدون لباس محافظ غیر مجاز است

۶- نتیجه

امروزه هیچ کس نمی تواند منکر اهمیت برق شود. جریان برق همانند اکسیژن است که نبود آن باعث فلج شدن و از کار ا فتادن شریانهای اصلی جامعه می شود . مسلماً بهترین و مقرون به صرفه ترین راه جهت ایجاد یک شبکهٔ پایدار به دور از خاموشی های مکرر بهره گیری از تکنولوژی HOT LINE است.

HOT LINE یک تکنولوژی جدید نیست اما در کشور ما تازگی دارد . با توجه به روند رو به گسترش صنایع و نیاز حیاتی آنها به برق، تعمیرات خط گرم به ندریج جای خود را باز کرده و در آینده ای نچندان دور شاهد فراگیر

www.barghnews.com

شدن آن خواهیم بود. نیاز به متخصصانی دراین زمینه بازار کار و فرصت شغلی مناسبی برای مهندسان جوان به وجودخواهد آورد و با بالا رفتن توانایی سیستم (System ability) اطمینان صاحبان صنایع در وجود یک شبکهٔ پایدار و خوب جلب خواهد شدو شاهد افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات خواهیم بود.

۷- مراجع

[1] HOT STICKS : A.B.Chance CO.,1974.

[۲] شرکت میزان نیرو: ۱۳۷۹.

[۳] مجلهٔ صنعت برق مصاحبه با مهندس ملکی مدیر عامل توانیر: شمارهٔ ۳۸ ص ۴۸.

[۴]مجلهٔ صنعت برق : کاهش اعتبارات وزارت نیرو ، مهندس عبدالحسین فضل الهی : شمارهٔ ۳۳- ص۵۳.

[۵] تعمیرات خط گرم : شرکت برق منطقه ای تهران ، ۱۳۵۳.

[6] T 95 TOOL CATALOG HAND BOOK : Hubble Power System, 1995.

www.barghnews.com