یک مطالعهٔ موردی جهت بهینه‌سازی سیستم اتصال زمین مخازن ذخیره مواد نفتی اصفهان

شاهرخ شجاعیان[۱] – ابراهیم حیدری[۲]

(۱) استادیار - دانشکده فنی مهندسی، واحد خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، ایران

(۲) کارشناس ارشد - دانشکده فنی مهندسی، واحد خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، ایران

شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت منطقه اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۸

خلاصه: با توجه به موارد زیاد آتش‌سوزی که در اثر صاعقه و بارهای الکتریکی ساکن، در مخازن نفتی کشور اتفاق افتاده است، نیاز به مطالعه و تحقیق در خصوص سیستم اتصال زمین مخازن ذخیره مواد نفتی، جهت حفاظت از آتش‌سوزی و حریق احساس می‌شود. در این مقاله ابتدا طرح موجود نمونه‌ای از مخازن نفتی در شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت منطقه اصفهان مورد بحث و نقد قرار گرفته و با اندازه‌گیری میدانی مقاومت ویژه خاک و سایر پارامترهای مورد نیاز، سیستم زمین آن مدل‌سازی و شبیه‌سازی کامپیوتری آن در محیط نرم‌افزار CYMGRD صورت گرفت و معایب آن بررسی و طرح بهینه، با توجه به شرایط محیط و رعایت ملاحظات انتخاب و توصیه گردیده است. در ادامه روشهای مختلف ممکن برای مقابله با خطرات آتش‌سوزی مخازن بررسی و توصیه‌هایی جهت بهینه‌سازی همبندی و هم‌پتانسیل‌سازی اجزا مختلف مخازن و نحوه بهره‌برداری از آنها در جهت کاهش احتمال آتش‌سوزی و حریق مخازن ذخیره نفتی صورت گرفته است.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ایمنی در برابر صاعقه و الکتریسیته ساکن چندان به سیستم زمین مخزن بستگی نداشته و روشها و نحوه همبندی و هم‌پتانسیل‌سازی اجزا مخزن و علی‌الخصوص سقف شناور و نوع بهره‌برداری از مخازن ذخیره نفتی از اهمیت بالاتری برخوردارست.

کلمات کلیدی: مخازن مواد نفتی، اثرات صاعقه، سیستم زمین، CYMGRD، هم‌بندی، حفاظت مخازن.

A Case Study on Upgrading Earthing System of Isfahan Petroleum Reservoirs

Shahrokh Shojaeean[1] – Ebrahim Heidari[2]

(1) Assistant Professor – Department of Electrical Engineering, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr, Iran

shojaeian@iaukhsh.ac.ir

(2) MSc - Department of Electrical Engineering, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr, Iran

ebrahim.heidari@iaukhsh.ac.ir

Considering the high number of fires that occurred due to lightning strikes and electric charges in the oil reservoirs of our country, in this paper, the present scheme of a sample of oil reservoirs in the company of oil and gas pipelines in Isfahan region was discussed and criticized. By measuring the soil specific strength and other parameters required for the land system, its modeling and simulation in the CYMGRD software environment were performed and the disadvantages of it were investigated and the optimal design was selected and recommended according to the environmental conditions and observance of the considerations. In addition, various possible ways to deal with the fire hazard of reservoirs were investigated and recommendations were made to optimize the connectivity and potentiality of different components of the reservoirs and how to use them to reduce the possibility of fire and fire oil reservoirs.The results of this study indicate that lightning and static safety does not depend much on the reservoir's land system, and the methods of connecting and potentiating the reservoir components, especially the floating roof and the type of exploitation of oil storage tanks, are of great importance.

Index Terms: Oil tanks, earthing system, CYMGRD, bonding, reservoir protection.

نویسنده مسئول: شاهرخ شجاعیان، استادیار - دانشکده فنی مهندسی، واحد خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، ایران، shojaeian@iaukhsh.ac.ir

۱- مقدمه

آتش‌سوزی در مخازن نفتی توسط صاعقه و الکتریسیته ساکن پدیده‌ای غیرمعمول نیست و در حدود یک سوم آتش‌سوزیها توسط تاثیر صاعقه ایجاد می‌شود. انواع مخازن ذخیره مواد نفتی با سقف ثابت و یا شناور وجود دارد که مخازن با سقف شناور به اثرات مستقیم و ثانویه رعد و برق آسیب پذیرترند. در طول سه دهه گذشته فن‌آوریهای مختلفی استفاده شده، تا این اثرات را به حداقل برساند.

چگونگی حفاظت مخازن در برابر صاعقه و الکتریسیته ساکن و متفاوت و متحدالشکل نبودن استانداردهای مختلف، استفاده یا عدم استفاده از صاعقه‌گیر و نحوه هم‌پتانسیل‌سازی اجزا مخزن، از چالشهای بزرگ صنعت نفت کشور می‌باشد. در اکثر سایت‌های نفتی، مخازن ذخیره مواد نفتی وجود دارد و اقدامات پیشگیرانه و نحوه بهره‌برداری از مخازن در پیشگیری از حریق و حفاظت مخازن می‌تواند بسیار موثر باشد.

در خصوص شبیه‌سازی سیستم زمین توسط نرم‌افزار CYM GRD می‌توان به مقالاتی از جمله آنالیز سیستم زمین توربین بادی [۱] اشاره کرد و در خصوص حفاظت مخازن در برابر صاعقه و الکتریسیته ساکن نیز مؤسسه نفت آمریکا و موسسه نفت انگلیس مطالعاتی انجام داده و طی استانداردهایی که مورد استفاده در این تحقیق نیز شده را منتشر نموده‌اند و تحقیق در این موارد ادامه داشته و استانداردها بروز می‌شوند [۲-۴].

در این تحقیق به سیستم زمین و نحوه حفاظت انواع مخازن و نوع بهره‌برداری جهت کاهش تولید الکتریسیته ساکن و از همه مهمتر نحوه هم‌بندی و هم پتانسیل‌سازی سقف و بدنه و توصیه و پیشنهاد استانداردهای مختلف پرداخته شده است تا بتوان به نکات کلیدی و کاربردی آن پی برد و دستورالعمل مشترکی جهت حفاظت مخازن تا حدودی تدوین نمود.

همچنین سیستم زمین اجرا شده یکی از مرکز انتقال نفت مدلسازی و شبیه‌سازی گردیده و راهکارهای مختلف و توصیه‌های قابل اجرا جهت بهینه‌سازی سیستم زمین مخازن نفتی نیز پیشنهاد گردیده است و نهایتاً اهمیت هم‌بندی اجزا مختلف و راهکارهای ساده و دور از ذهن که سبب کاهش بسیار زیاد خطرات آتش‌سوزی و حریق می‌شود بیان شده است.

۲- اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک محوطه مخازن نفت مرکز انتقال نفت شماره ۷ اصفهان

در ابتدا جهت مدلسازی سیستم زمین مرکز انتقال نفت اصفهان مقدار مقاومت ویژه خاک مرکز در لایه‌های مختلف را باید به دست بیاوریم که اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک در چند نقطه از سایت و در راستاهای مختلف و با توجه به شرایط زیر صورت گرفت.

۱- مقادیر مقاومت ویژه خاک بر طبق استاندارد IEEE 80 و به روش ونر اندازه‌گیری گردید [۵-۷]. شرایط جوی آفتابی و از زمان بارندگی حدود سه هفته می‌گذشت و زمین خشک بود.

۲- در بعضی از نقاط جهت از بین بردن آلارم پراب دستگاه و بهتر شدن تماس الکترود با زمین از ریختن مقداری آب در نزدیکی پرابهای دستگاه استفاده گردید.

۳- جهت آنالیز خاک در شبیه‌سازی نرم‌افزار، اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک در چهار لایه به عمق ۰/۷ و ۱/۵ و ۳ و ۶ متر صورت گرفت.

Table (1): Soil resistivity measurement results in the field

جدول (۱): مقادیر اندازه‌گیری شده مقاومت ویژه خاک سایت مرکز در نقاط مختلف

شماره محل تست	عمق خاک مورد اندازه‌گیری برحسب متر				
	۰/۷	۱/۵	۳	۶	
۱	۲۸۱	۲۹۰	۲۱۲	۱۸۲	مقاومت ویژه خاک(اهم بر متر)
۲	۲۰۴	۲۸۶	۲۳۵	۱۹۹	
۳	۱۶۸	۱۸۷	۱۷۴	۱۳۵	
۴	۱۸۹	۲۱۱	۱۷۸	۱۳۴	
۵	۲۰۱	۲۱۵	۱۶۰	۱۰۶	
۶	۲۵۰	۲۴۵	۱۷۶	۱۲۵	
۷	۳۱۰	۲۷۳	۲۰۶	۱۷۳	
۸	۲۲۰	۲۳۲	۲۱۲	۲۰۶	
متوسط	۲۲۷/۷	۲۴۲/۲	۱۹۳	۱۵۷/۴	

۳- ارائه طرح سیستم زمین مخازن نفت مرکز انتقال نفت شماره ۷ اصفهان

جهت الکترودهای افقی (سطحی) سیستم زمین مرکز انتقال، سیم سایز نمره ۷۰ میلیمتر مربع استفاده گردیده و در عمق ۸۰ سانتیمتری از عمق زمین دفن شده است و الکترودهای عمودی از میله‌های مسی به قطر حدود ۱۵ میلیمتر و طول ۲ متر تشکیل گردیده است.

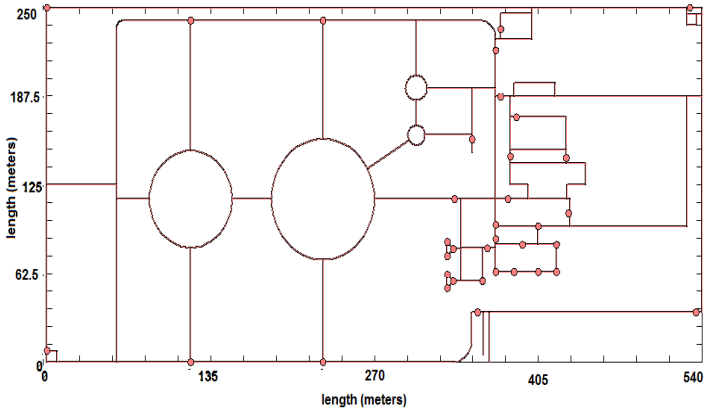
در بعضی از نقاط به جای میله مسی از لوله گالوانیزه به قطر ۲ اینچ استفاده شده و تمامی الکترودهای زمین در نقاط مختلف به‌یکدیگر متصل و همبند شده است. با توجه به نقشه سیستم زمین مرکز و انواع الکترودهای اجرا شده در محل‌های مختلف محوطه مرکز، تمامی آنها اعم از الکترودهای سطحی و عمقی و جنس و نوع الکترودهای زمین در نرم‌افزار مدل‌سازی گردید و مدل نهایی به صورت شکل (۱) به دست آمد. بعد از مدل‌سازی سیستم زمین مرکز در نرم‌افزار سیستم زمین آنالیز سیستم زمین مطابق با استاندارد IEEE 80 در نرم‌افزار صورت گرفت [۶،۸]. مقاومت سیستم زمین مقدار پایینی در حدود ۰/۲۱۵ اهم به دست آمد.

توصیه استاندارد در خصوص مقدار مقاومت سیستم زمین جهت مخازن زیر ۱۰ اهم می باشد که سیستم زمین مخزن مرکز با توجه به همبندی و اتصال تمامی سیستم‌های زمین مرکز عدد مقاومت زمین به دست آمده مطلوب می‌باشد [۹].

با توجه به توصیه استاندارد IEC 61000-5-2 در خصوص هم‌بندی و اتصال سیستم‌های زمین مختلف به یکدیگر و هم پتانسیل نمودن آنها، هم‌بندی و هم‌پتانسیل‌سازی سیستم‌های زمین مرکز و یکپارچه شدن سیستم زمین در طرح اجرا شده درسایت، مورد تأیید می‌باشد [۱۰]. بعد از آنالیز شبکه زمین مرکز، ولتاژهای گامی و تماسی محاسبه

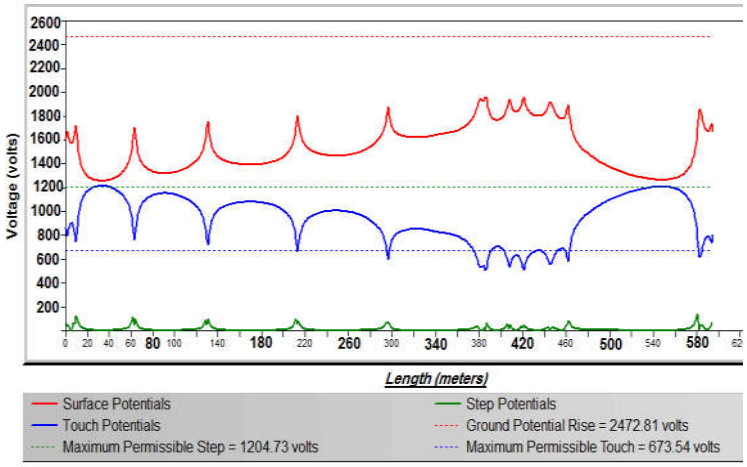
و بررسی گردید و پروفایل ولتاژهای تماسی و گامی به صورت شکل (۲) و مقدار GPR=2472V و منحنی و توزیع پتانسیل سیستم زمین با تزریق جریان صاعقه ۱۰ کیلو آمپر به صورت شکل (۳) به دست آمد [۸].

در شبیه‌سازی سیستم زمین و محاسبه و مقایسه ولتاژهای گامی با مقادیر مجاز، مقدار ولتاژ گامی از مقدار مجاز در تمامی نقاط پایین‌تر بوده و مشکلی در خصوص مقادیر ولتاژ گامی در سایت نداریم.



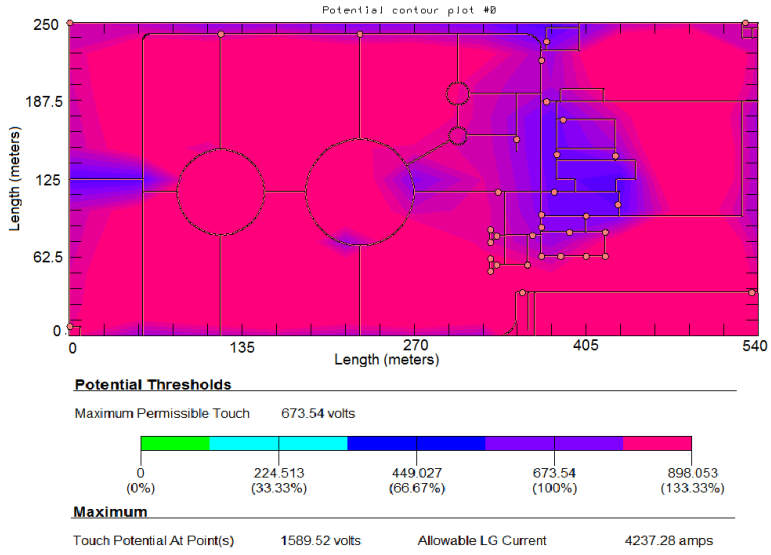
شکل (۱): مدل نهایی سیستم زمین مرکز انتقال نفت اصفهان

Fig. (1): Earthing system model for Isfahan petroleum reservoir



شکل (۲): پروفایل ولتاژهای گامی و تماسی

Fig. (2): Touch and step voltage profile



شکل (۳): توزیع پتانسیل سیستم زمین با تزریق جریان صاعقه ۱۰ کیلو آمپر

Fig. (3): Earthing system iso-potential curves via injecting 10kA lightning current

در خصوص ولتاژ تماسی، زمانی که جریان تزریقی به سیستم از مقدار ۴/۲ کیلو آمپر بیشتر می‌شود، در نقاطی مقدار ولتاژ تماسی از مقدار مجاز بیشتر می‌گردد که باید تمهیداتی در جهت محدود کردن مقدار ولتاژ تماسی در نظر گرفت.

۴- تمهیداتی جهت اصلاح ولتاژهای تماسی اطراف مخزن

با توجه به منحنی ولتاژ تماسی و بالاتر از حد مجاز بودن آن در بعضی از نقاط باید تمهیداتی در نظر بگیریم تا ولتاژ تماس در نقاطی که اجرام قابل لمس وجود دارد، پایین‌تر از حد مجاز قرار گیرد. نقاطی که اجرام قابل لمس وجود ندارد، اگر ولتاژ تماس هم بالاتر از حد مجاز بود نیازی به اصلاح ندارد.

با توجه به شکل (۲) برای اینکه مقدار ولتاژ تماسی پایین‌تر از حد ماکزیمم حد مجاز قرار گیرد دو راه کار را می‌توان پیشنهاد داد:

الف) کاهش ولتاژ تماسی به زیر حد مجاز و به عبارت دیگر پایین آوردن منحنی آبی رنگ ولتاژ تماسی به زیر حد مجاز (نقطه‌چین) در نقاطی که احتمال تماس افراد با بدنه اجرام دستگاهها وجود دارد.

ب) بالا بردن ماکزیمم مقدار مجاز ولتاژ تماسی یا بعبارت ساده‌تر بالابردن خط نقطه چین (ماکزیمم ولتاژ تماسی) در نقاطی که احتمال تماس افراد با بدنه اجرام دستگاهها وجود دارد.

۴-۱- استفاده از حلقه‌های هم‌پتانسیل کننده جهت کاهش اختلاف ولتاژ تماسی

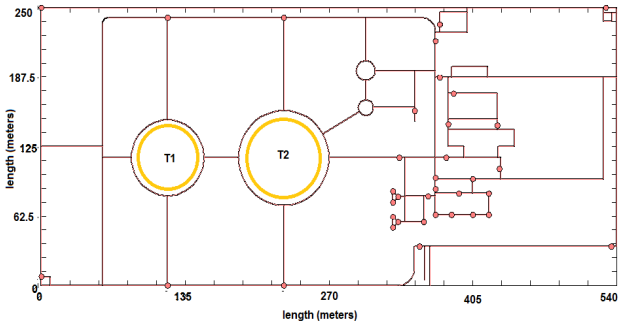
جهت کاهش ولتاژ تماسی می‌توان از حلقه‌های هم‌پتانسیل کننده استفاده نمود و در نقاطی که امکان تماس افراد وجود دارد از این راه‌کار استفاده کرد. موقعیت مخازن بزرگ نفتی به شماره T1, T2 مرکز انتقال نفت اصفهان در شکل (۴) به رنگ زرد مشخص شده‌اند. حلقه کانترپویز و الکترود سطحی سیستم ارتینگ به فاصله ۵ متری از مخزن در عمق ۰/۸ متری زمین دفن شده است. منحنی ولتاژ تماسی و گامی اطراف مخزن T2 مطابق شکل (۵) است.

با توجه به شکل (۵) ولتاژ گامی خیلی پایین‌تر از حد مجاز است و ولتاژ تماسی که با رنگ آبی مشخص شده در نقاط نزدیک حلقه اجرا شده نزدیک حد مجاز و هر چه از حلقه دور می‌شویم از حد مجاز بیشتر می‌شود و در محلی که امکان تماس با بدنه مخزن وجود دارد ولتاژ تماسی بالاتر از حد مجاز است که باید اصلاح گردد.

جهت کنترل و بهبود وضعیت ولتاژ تماسی اطراف بدنه مخازن حلقه‌ای در اطراف مخزن و به فاصله حدود ۲ متری از آن جهت هم‌پتانسیل کردن محدوده بدنه مخزن و کاهش ولتاژ تماسی آن انجام می‌دهیم و با حلقه اول همبند می‌نمایم نتیجه به صورت شکل (۶) به دست می‌آید.

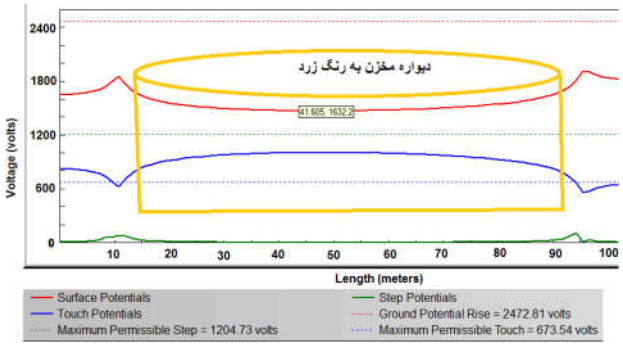
با توجه به شکل‌های (۶) و منحنی ولتاژ تماسی و موقعیت بدنه مخزن، اجرای حلقه هم‌پتانسیل‌کننده اطراف مخزن باعث بهبود وضعیت ولتاژ تماسی در محل نزدیک بدنه و اطراف بدنه مخزن می‌شود و ولتاژ تماسی در نقاطی که احتمال تماس با بدنه مخزن در زمان برخورد صاعقه می‌باشد به زیر حد مجاز می‌رسد.

ولتاژ تماسی در بعضی نقاط دور از مخزن و زیر مخزن در زمان برخورد صاعقه از حد مجاز بالاتر است ولی با توجه به زیر خاک بودن هادی کانترپویز و عدم وجود اجرام قابل تماس ایرادی وجود ندارد.



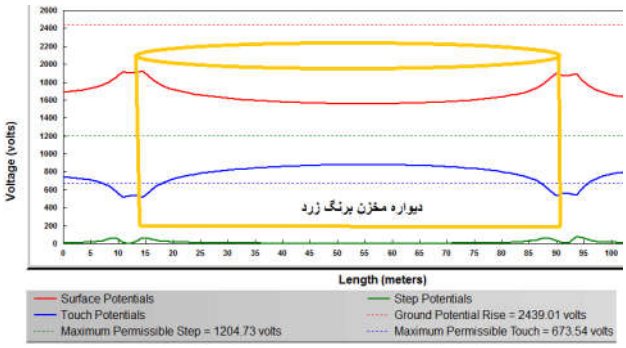
شکل (۴): موقعیت مخازن نفتی در سیستم زمین

Fig. (4): Petroleum reservoir position in earthing system



شکل (۵): منحنی ولتاژ گامی و تماسی اطراف مخزن T2

Fig. (5): Touch and step voltage around the reservoir T2



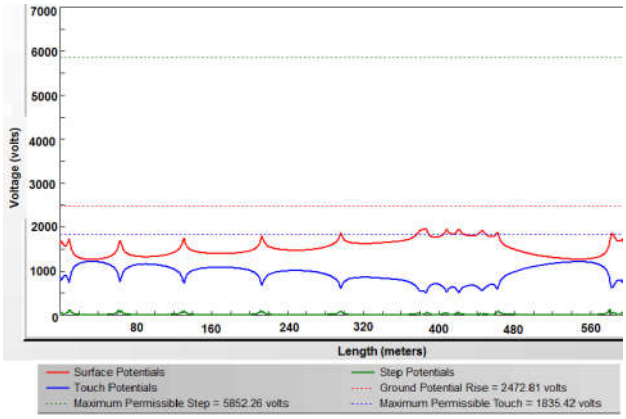
شکل (۶): منحنی ولتاژ تماسی و گامی اطراف مخزن T2 بعد از اصلاح

Fig. (6): Touch and step voltage around the reservoir T2 after the modification

۴-۲- بالا بردن مقدار ماکزیمم مجاز ولتاژ تماسی

تحقق ماکزیمم ولتاژ تماسی مجاز طبق استاندارد IEEE 80 در صورت استفاده از یک لایه نازک از سنگهای شکسته مانند گراول، بتن و یا آسفالت روی سطح خاک، سبب افزایش مقاومت مجاز کف پای انسان نسبت به زمین و افزایش مقدار مجاز ولتاژ تماسی خواهیم شد [۶]. حال فرض می‌کنیم که سطوح اطراف بدنه مخازن بالا با لایه‌ای از سنگریزه در نقاطی که امکان تماس با بدنه مخزن و تجهیزات آن وجود

دارد پوشیده شده است. مقاومت ویژه سنگریزه را ۲۵۰۰ اهم بر متر و ضخامت آن را حدود ۰/۱ متر در نظر می‌گیریم و در نرم‌افزار CYMGRD شبیه‌سازی می‌نماییم. با توجه به شکل (۷) با اضافه کردن لایه سنگریزه و نتایج شبیه‌سازی، مقدار ماکزیمم مجاز ولتاژ تماسی افزایش یافته و از مقدار ۶۷۳/۵ ولت به ۱۸۳۵ ولت رسید. با بالا رفتن مقدار مجاز ولتاژ تماسی در نقاطی که سنگریزه ریخته شد مشکل محدود کردن ولتاژ تماسی نیز حل گردید.



شکل (۷): اصلاح ولتاژهای گامی و تماسی با اضافه کردن سنگریزه

Fig. (7): Touch and step voltage control by adding sand layer

۵- زمین کردن مخازن

طبق استاندارد مخازن فلزی مطابق یکی از روش‌های زیر باید زمین گردد:

۱- مخزن بایستی بدون اتصالات عایق به سیستم لوله‌های فلزی ورودی و خروجی متصل شود.

۲- مخزن استوانه‌ای عمودی که بر روی زمین یا بتن قرار دارد باید حداقل دارای ۶ متر قطر باشد و اگر بر روی کف قیر اندود باشد باید دارای قطر حداقل ۱۵ متر باشد.

۳- یک مخزن حداقل از طریق دو الکترود بایستی به زمین متصل شود و فواصل الکترودها حداکثر ۳۰ متری از محیط مخزن می‌بایستی باشد.

۴- اگر مخزنی به علت شرایط محیطی و یا سایر دلایل دارای پوشش عایق در قسمت زیرین آن بود بایستی مطابق بند (۳) بالا زمین گردد [۲،۳].

۵- مخازن ذخیره نفتی مرکز انتقال نفت اصفهان با توجه به قطر ۷۶ متری از چهار نقطه به زمین متصل می‌باشد که مطابق استاندارد قابل قبول است.

۶- حفاظت مخازن نفتی در برابر صاعقه و الکتریسیته ساکن

فرآورده‌های نفتی مانند نفت خام، بنزین، نفت و گاز اغلب در مخازن فلزی با سقف شناور ذخیره می‌شود که با رسید و برداشت از مخزن، سقف شناور با سطح مواد بالا و پایین می‌رود و جهت جلوگیری از تبخیر مواد نفتی، سقف شناور با بدنه مخزن آب‌بندی شده است و این آب‌بندی باعث عایق الکتریکی شدن سقف شناور از بدنه مخزن شده است.

اگر این آب‌بندی معیوب باشد گازهای قابل اشتعال در منطقه آب‌بندی کناره تجمع می‌یابد بر روی سقف شناور مخازن و در محدوده آب‌بندی کناره، بر اثر تبخیر مایعات نفتی و مخلوط شدن آن با اکسیژن مخلوط گازهای قابل اشتعال تولید شده و برای شروع آتش‌سوزی تنها به حرارت نیاز است و این حرارت از تخلیه الکتریکی ناشی از صاعقه تامین می‌شود. نصب نشت بند در لبه سقف شناور با هدف پیشگیری از خروج بخارات قابل اشتعال و نصب سیستم اتصال به زمین و همبندی با هدف هدایت جریان الکتریکی ناشی از صاعقه به زمین و پیشگیری از تخلیه الکتریکی و تولید جرقه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین در صورت بروز حریق بر روی سقف شناور مخزن می‌توان چنین استنباط نمود که به طور همزمان هر دو سیستم یاد شده عملکرد مورد انتظار را نداشته‌اند. حصول اطمینان از عملکرد مناسب این سیستمها منوط به انجام نظارتهای مستمر و موثر است.

۶-۱- جلوگیری از ایجاد گازهای قابل اشتعال در منطقه آب‌بندی کناره سقف شناور مخازن

جهت جلوگیری از ایجاد گازهای قابل اشتعال بازرسی و نظارت و نگهداری منظم تجهیزات سیل و آب‌بندی مخازن صورت گیرد تا از نشت گازهای قابل احتراق جلوگیری گردد [۳].

نحوه بهره‌برداری و پر و خالی کردن مخزن و نشاندن سقف شناور در کف مخزن و پر کردن مجدد مخزن می‌تواند تولید گازهای قابل اشتعال را افزایش داده و خطر آتش‌سوزی را زیاد نماید [۳].

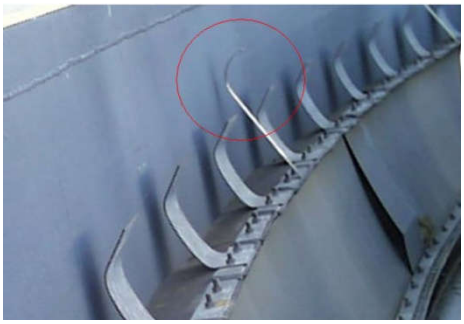
۶-۲- همبندی الکتریکی بین سقف شناور و بدنه مخزن

جهت ایجاد پیوستگی الکتریکی جهت تخلیه جریان برخورد صاعقه و جلوگیری از تجمع بارهای الکتریکی به دو روش بین بدنه مخزن و سقف شناور استاندارد توصیه به ایجاد همبندی الکتریکی نموده است.

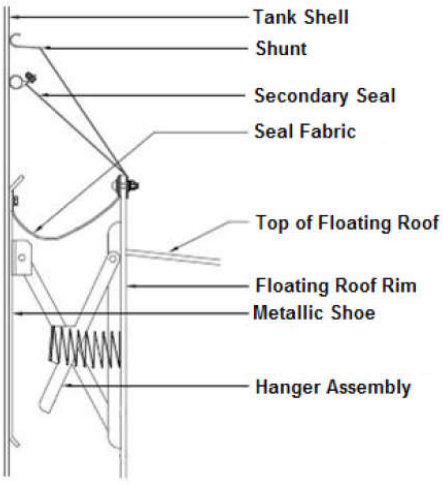
۶-۲-۱- هادی‌های قابل انعطاف شانت

هم‌پتانسیل سازی سقف شناور و بدنه مخزن از طریق هادی‌های قابل انعطاف شانت که در شکل (۸-الف وب) مشخص شده است صورت می‌گیرد. هادی شانت باید بصورتی انتخاب گردد که در حرکات افقی و عمودی سقف تماس با بدنه همیشه برقرار باشد و در عملکرد سقف شناور خلل ایجاد نکند. حداکثر فواصل شانتها بایستی ۳ متری محیط پیرامون سقف مخزن باشد و نقطه تماس آنها بایستی حداقل ۳۰ سانتیمتر در زیر سطح مایع غوطه‌ور باشد.

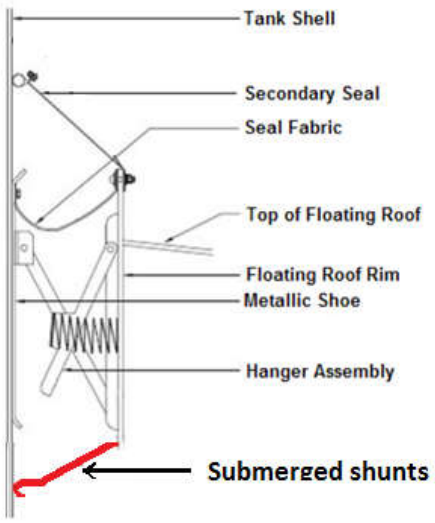
نکته مهم: با توجه به توصیه استاندارد به اینکه نقطه تماس شانتها بایستی ۳۰ سانتیمتر در زیر سطح مایع غوطه‌ور باشد، پس هادیهای شانت باید در مایع نفتی غوطه‌ور و در زیر سقف و سیل شناور و در فواصل ۳ متری نصب گردد [۲،۳]. پس با توجه به توصیه استاندارد، هادیهای بالای سقف شناور در هنگام بازسازی مخزن باید حذف شده و به صورت شکل (۹) اجرا شوند.



شکل (۸-الف): تصویر هادی شانت نصب شده روی سقف شناور[۱۱]
Fig. (8.a): Installed shunt on the floating-roof [11]



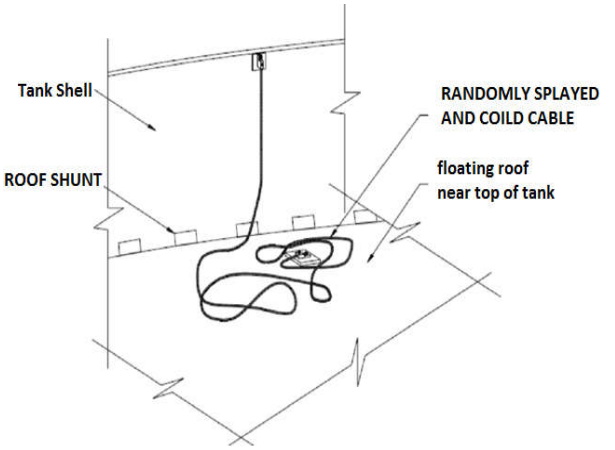
شکل (۸- ب): محل قرارگیری شانت در منطقه آب‌بندی کناره [۱۱]
Fig. (8.b): Shunt position in sealing margin [11]



شکل (۹): نحوه نصب شانت‌های غوطه‌ور [۱۱]
Fig. (9): Shunt position on the sealing edges [11]

۶-۲-۲- هادیهای ثابت بای‌پس

سقف متحرک باید به بدنه مخزن بصورت مستقیم اتصال الکتریکی داشته باشد. این کار از طریق هادی ثابت به نام هادی بای‌پس که در شکل (۱۰) مشخص شده، صورت می‌گیرد.



شکل (۱۰): هادی بای پس متداول [۱۱]
Fig. (10): Conventional shunt conductor [11]

هر هادی بای‌پس بایستی دارای حداقل طول و بگونه‌ای باشد که امکان جابه‌جایی کامل به سقف شناور را نیز بدهد [۲،۳].

تعداد هادیهای بای‌پس باید ۲ عدد و به ازا هر ۳۰ متر محیط مخزن یک عدد قرار داشته باشد.

هادی‌ها و اتصالاتشان باید دارای انعطاف لازم و سطح مقطع حداکثری و مقاوم در برابر خوردگی باشد و دوام برای حدود ۳۰ سال داشته باشند [۲،۳]. هادی‌های بای‌پس جریان متوسط و طولانی مدت صاعقه را عبور می‌دهند [۳].

۷- عایق‌بندی تجهیزات آب‌بندی سقف شناور و بدنه

تجهیزات آب‌بندی بین سقف شناور و بدنه شامل تمامی تجهیزات آب‌بندی، فنرها، قیچی و غیره، باید از لحاظ الکتریکی عایق باشد و سطح عایق‌بندی بایستی در حدود ۱ کیلو ولت و یا بیشتر باشد [۲،۳]. این عایق‌بندی سبب می‌شود که جریان صاعقه بین سقف شناور و بدنه مخزن فقط از طریق شانت و هادی بای‌پس عبور نماید [۳].

۸- روش‌های محدود کردن خطرات الکتریسیته ساکن

جهت محدود کردن خطرات الکتریسیته ساکن می‌توان از توصیه‌های استاندارد مطابق زیر استفاده نمود.

۱- کنترل کردن تولید و تجمع الکتریسیته ساکن،

۲- محدود کردن ایجاد بخارات قابل اشتعال در مکان‌هایی که امکان ایجاد جرقه بر اثر الکتریسیته ساکن وجود دارد،

۳- جلوگیری از ایجاد دو سطح با اختلاف پتانسیل متفاوت یا به عبارت دیگر جلوگیری از ایجاد امکان جرقه [۴،۱۲].

۹- روش‌های پیشنهادی استاندارد جهت کنترل تولید الکتریسیته ساکن

یکی از مواردی که می‌تواند خطر آتش‌سوزی توسط الکتریسیته ساکن را کاهش دهد کنترل تولید الکتریسیته ساکن است. طبق توصیه استاندارد موارد زیر را می‌توان جهت کنترل آن انجام داد:

۱- جلوگیری از متلاطم شدن مواد یا اسپری شدن مواد در داخل مخزن،

۲- قرار دادن لوله ورودی مخزن در قسمت پایین و اجتناب از ریختن مواد از ارتفاع در داخل مخزن،
۳- جلوگیری از ایجاد جریان آشفته و محدود کردن سرعت مواد در حد ۱ متر مکعب بر ساعت در مخازن در مراحل اولیه پر شدن مخزن بخصوص در مخازن سقف شناور،
۴- همبندی سقف مخزن به بدنه مخزن علاوه بر حفاظت از صاعقه سبب حفاظت الکتریسیته ساکن نیز می‌گردد [۴،۱۲].

۱۰- بهینه‌سازی هم‌بندی و هم‌پتانسیل‌سازی سقف شناور و بدنه مخزن

هم‌پتانسیل کردن اجزا و تجهیزات مخزن جهت حفاظت صاعقه و الکتریسیته ساکن نقش بسیار مهمی دارد. جهت بهینه‌سازی هم‌بندی و هم‌پتانسیل نمودن سقف استاندارد توصیه‌های زیر را می‌نماید که به بررسی این توصیه‌ها می‌پردازیم.

به توصیه استاندارد API RP545 ,NFPA 780 حداکثر فواصل شانتها باید ۳ متری محیط پیرامون سقف باشد و در صورت امکان در داخل مواد و در فاصله ۳۰ سانتی‌متری زیر سقف مخزن نصب گردد و در مواد غوطه‌ور گردد و شنتهای خارجی نیز حذف گردد [۲،۳]. استفاده از شانت غوطه‌ور توسعه مهندسی قابل توجه نیاز دارد. انتقال شانت از بالا به پایین در زمان تعمیرات اساسی باعث طولانی شدن و از سرویس خارج ماندن مخزن می‌شود و همچنین بازرسی و نگهداری آن را سخت می‌نماید که عملاً برای مخازن موجود مشکل می‌باشد.

استاندارد توصیه می‌نماید که میله‌های راهنما و اندازه‌گیری از بدنه مخزن ایزوله باشند و عایق‌بندی آنها در حد ۱ کیلو ولت باشد که اجرای این توصیه جهت مخازن موجود نیاز به تغیرات ساختاری عمده و هزینه نسبتاً بالا جهت اصلاح و تعمیر و نگهداری دارد [۲،۳].

برای اجرای هم‌بندی بین سقف شناور و بدنه مخزن با استفاده از هادی بای‌پس، طبق توصیه استاندارد NFPA 780 و API 545 باید حداقل بازای هر ۳۰ متر اطراف محیط سقف یک عدد هادی بای‌پس در نظر گرفته شود و این سیمها تا حد امکان کوتاه بوده و حداکثر مقاومت آنها نباید از ۰/۰۳ اهم تجاوز نماید و حرکت آزادانه سقف را نیز ایجاد نمایند [۳،۲]. از سه توصیه فوق دو مورد اول برای نصب و راه‌اندازی هزینه بر بوده و بدون خروج مخزن از شرایط بهره‌برداری مقدور نمی‌باشد.

اجرای هادی بای‌پس در طول بهره‌برداری روزانه و بدون در نظر گرفتن موقعیت سقف قابل اجراست و براحتی هم می‌توان تحت نظارت و بازرسی قرار گیرد.

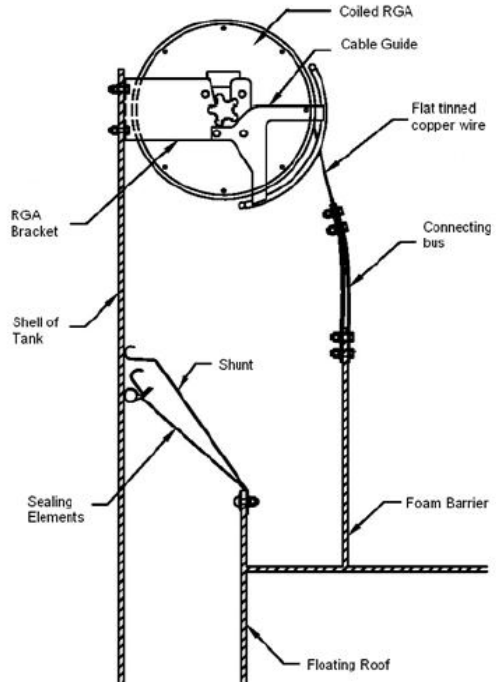
جهت اجرای توصیه سوم استاندارد دو نوع هادی بای‌پس مختلف می‌توان استفاده نمود:

الف- هادیهای بای‌پس سنتی

در زمان استفاده از هادی بای‌پس سنتی این هادی بر روی سقف شناور بصورت تصادفی حلقه می‌شود و بر روی هم می‌افتد و اگر قرار باشد بنا به توصیه استاندارد بازای هر ۳۰ متر پیرامون سقف مخزن یک هادی بای‌پس نصب گردد جهت مخازن با قطر زیاد تجمیع سیم‌های بر روی سقف شناور زیاد شده و مشکلات زیادی ایجاد می‌نماید و از نظر زیبایی و شکیل بودن نیز منظره جالبی ندارد.

ب- هادی بای‌پس قابل انعطاف

RGA تجهیزی مانند شکل زیر است که کابل بای‌پس با رسید و برداشت از مخزن و بالا و پایین رفتن سقف شناور بر روی قرقره پیچیده می‌شود و از تجمع کابل بر روی سقف شناور جلوگیری می‌کند و با حرکت سقف شناور و بالا و پایین رفتن آن طول کابل هادی بای‌پس هم متناسب با آن تغییر می‌کند [۱۳].



شکل (۱۱): هادی بای‌پس قابل انعطاف RGA [۱۱]
Fig. (11): Retractable grounding assembly

۱۱- نتیجه‌گیری

جهت بهینه‌سازی سیستم زمین مخازن و سایت با توجه به مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم مرکز انتقال نفت اصفهان مقاومت سیستم زمین مخازن در حدود ۰/۲۱۵ اهم به دست آمد که با توجه به توصیه استاندارد IPS-E-EL 100 مقاومت مخازن باید زیر ۱۰ اهم باشد که مقدار مطلوب می‌باشد و مقدار مقاومت اهمی نیاز به اصلاح ندارد ولی باید تمهیداتی جهت بهینه‌سازی و محدود کردن ولتاژهای گامی و تماسی با توجه به راهکارهای گفته شده صورت گیرد.

با توجه به استانداردهای IEC 61000-5-2 و IPS E-EL100 جهت جلوگیری از خطرات ایمنی افراد و تجهیزات می‌بایست بعد از اینکه سیستمهای زمین به صورت مجزا جهت تجهیزات برق، ابزار دقیق و مخابرات و صاعقه‌گیر اجرا گردید الکترودهای آنها به یکدیگر هم‌بند گردیده و هم‌پتانسیل شوند که در مرکز انتقال نفت سیستم‌های زمین با هم همبند شده است. پیشنهاد می‌گردد در سایت در اطراف تجهیزات از لایه نازک سنگریزه و یا سطوح بتنی استفاده گردد تا سبب محدود کردن ولتاژهای گامی و علی‌الخصوص ولتاژ تماسی و ایمنی

افراد گردد. اغلب موارد دیده شده است که جهت هم‌بندی سقف شناور و بدنه از یک عدد کابل و به صورت غیر استاندارد استفاده می‌شود که استفاده از هادی بای‌پس مطابق توصیه استاندارد و به تعداد مناسب مقبول می‌باشد. جهت افزایش هادی تعداد هادی بای‌پس استفاده از هادی بای‌پس قابل انعطاف جهت هم‌بندی سقف شناور و بدنه مخزن به دلیل شکیل بودن و کوتاه‌تر شدن طول هادی بای‌پس توصیه می‌گردد.

نوع بهره‌برداری مناسب از مخازن در کاهش تولید الکتریسیته ساکن مؤثر است و با بهره‌برداری مناسب از مخازن و رعایت نکات و توصیه‌های گفته شده می‌توان تولید الکتریسته ساکن را کاهش داد.

References

[1] Ç. KÖKSAL, Ö. GÜL, "Analysis of wind turbine grounding systems in terms of touch and step voltage", IU-JEEE, Vol. 15, No. 1, pp. 1867-1872, 2015.

[2] "Standard for the installation of lightning protection systems", NFPA Standard 780, 2017.

[3] "Lightning protection of aboveground storage tanks for flammable or combustible liquids", API Standard RP545, 2012.

[4] "Protection against ignitions arising out of static, lightning, and stray currents", API Standard 2003, 1998.

[5] "IEEE guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potentials of a ground system", IEEE Standard 81, 2012.

[6] "IEEE Guide for safety in ac substation grounding", IEEE Standard 80, 2013.

[7] "Getting down to earth", Megger Co., London 2010.

[8] "Cymgrd user guide and reference manual ", CYME International T&D inc. Burlington, MA 2006

[9] "Engineering standard for electrical system design (Industrial and non-industrial) ", IPS Standard E-EL100, 2012.

[10] "Electromagnetic compatibility (EMC)", IEC Standard 61000-5-2 ,1998.

[11] J. Lanzoni, "Improving lightning safety of petroleum storage tanks", LightningEliminators & Consultants, Inc. Boulder, Colorado USA, Oct. 2009.

[12] "Recommended Practice on Static Electricity ", NFPA Standard 77, 2014.

[13] S. Tyurenkov, J. Lanzoni, "Foregien experience whit lightning in oil & gas industry", Sience and Technology of Pipeline Petrolium Products, 2010