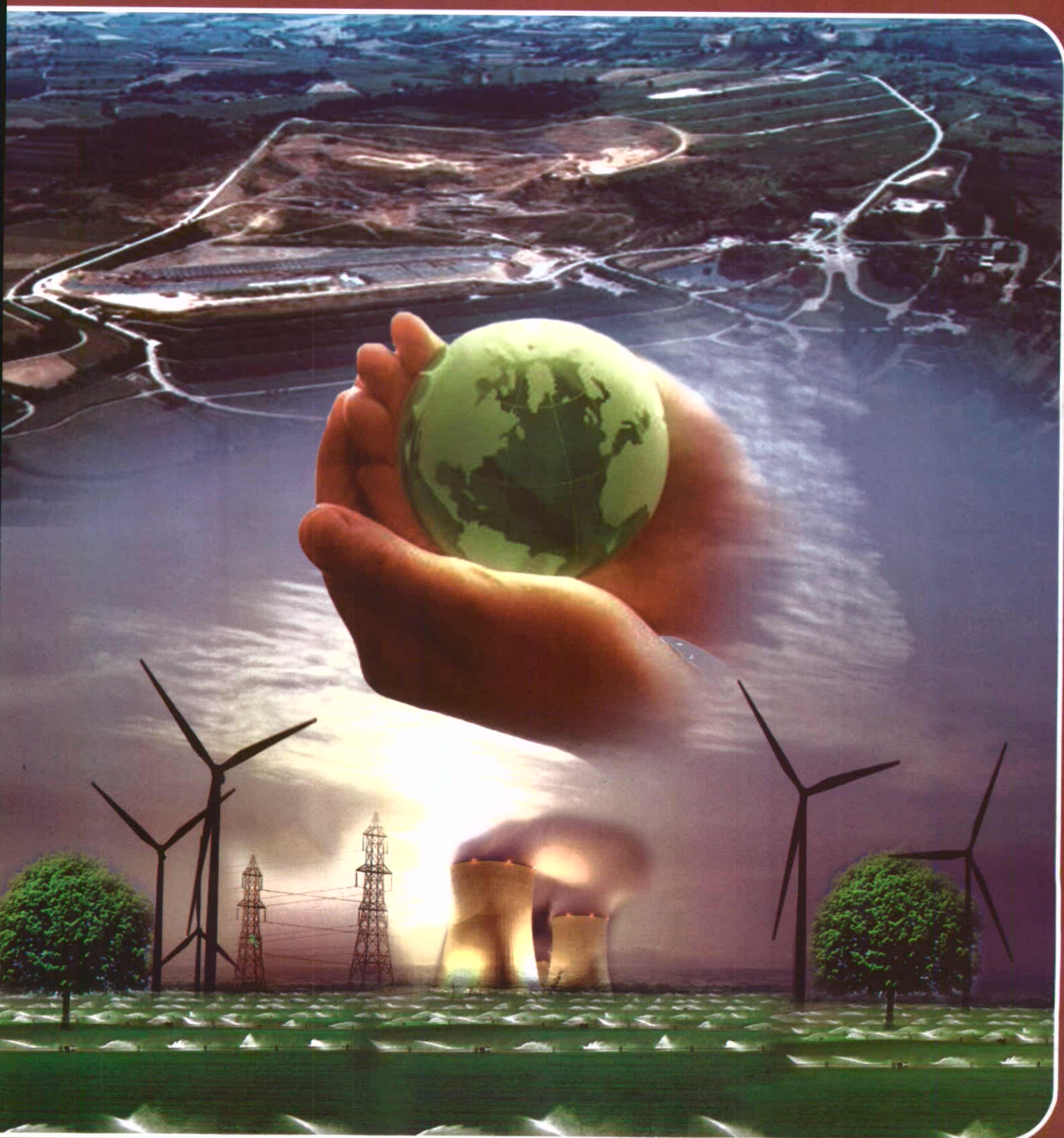
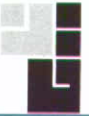


نشریه فنی تخصصی قدس نیرو
شماره ۳۷ - تابستان ۱۳۹۰

شرکت مهندسی
قدس نیرو





واحد آب و ساختمان

با گذر از ۱۷ سال تلاش مستمر در ارائه خدمات مهندسی در رشته‌های: سد و نیروگاه برق آبی، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، مطالعات پایه منابع آب، مطالعات ارزیابی زیست محیطی و آب و فاضلاب



اینک با اتکا به توان مهندسی و نیروی انسانی کارآزموده خویش سبد جدید خدمات خود را در بخشهای: ساختمان و عمران شهری، راهسازی و تونل، مدیریت یکپارچه منابع آب، مستندسازی طرح‌ها، مهندسی ارزش، پدافند غیرعامل، مهندسی رودخانه، تغذیه مصنوعی و تعادل بخشی و در قالب پیمانهای EPC، MC و مشاوره مهندسی عرضه می‌داریم.

عناوین مهمترین طرحهای مطالعاتی و نظارتی انجام یافته و یا در دست انجام:

رسته سد و نیروگاه های برق آبی: سدهای رودبار لرستان، ونیار و سازه‌های کنترل شوری آجی‌چای، آقبالغ خراجی، تاجیار، چشمه زنه، بازفت، کشکسرای مرند، صیدون، سردشت، شیرین‌آب، تنگزی، آجی‌سو، گلال‌ملک و چم‌سرخ و ...
رسته ساختمان: مطالعات مرحله اول و دوم مجموعه‌ای از ساختمانهای عمومی و دولتی به متراژی بالغ بر سیصد هزار مترمربع و به کارفرمایی وزارت مسکن و شهرسازی، نظارت بر پروژه های شهرک سازی شهرک های صنعتی استان تهران و مرکزی
رسته شبکه‌های آبیاری و زهکشی: تبریز، سراب، تاجیار، آقبالغ، چشمه‌زنه، تالوک، برمانک، استوه و گازران، غدیرایرانیان، لاران، نمروند و ...



رسته مطالعات ارزیابی زیست محیطی: طرح‌های آجی‌چای، رودبار لرستان، بازفت، آقبالغ، خراجی، بهشت‌آباد، ماملو، سردشت، شیرین‌آب، برمانک، بالاخانلو و نیروگاه های زنجان، تبریز، ری، سمنان، بندرعباس، بناب، پرنه، ماهشهر، کرمانشاه، دماوند، ارومیه، جهرم، سنج، اردبیل و ...



رسته مطالعات پایه منابع آب: کویر سمنان، دشت اراک، گیلان، مازندران، اردبیل، قم، کرمانشاه و ...

رسته مستندسازی طرح‌ها: مطالعات مستندسازی و جمع‌آوری اطلاعات سد سفیدرود گیلان

رسته آب و فاضلاب: مطالعات راهبردی انرژی در بخش آب و فاضلاب، طراحی تصفیه‌خانه آب در کشورکوبا

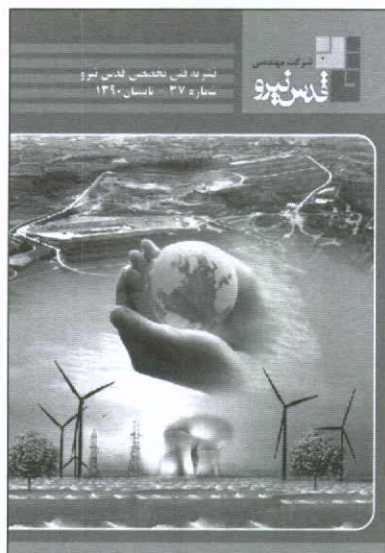


آدرس: تهران، خیابان استاد مطهری،
بعد از چهارراه سهروردی، شماره ۸۲
کدپستی: ۱۵۶۷۷۵۳۵۳
تلفن: ۸۸۴۰۳۶۱۳-۸۲۴۰۴۰۰۰
فاکس: ۸۸۴۱۱۷۰۴

No, 82 Ostad Motahari Ave.
Tehran 1566775353/IRAN
Tel (+9821) 88403613- 82404000
Fax: (+9821) 88411704
WWW.ghods-niroo.com



بسمه تعالی



نشریه فنی تخصصی قدس نیرو

شماره ۳۷ - تابستان ۱۳۹۰

مدیر مسئول: دکتر محمود مقدم

سر دبیر: مهندس فتانه دوستدار

با تشکر از همکاری آقایان:

- مهندس احمد اهرابی
- مهندس حسین بختیاری زاده
- مهندس احمد فریدون درافشان
- مهندس میر داود حسینی میلانی
- دکتر همایون صحیحی
- مهندس منصور قزوینی

از مدیر و همکاران محترم امور پشتیبانی سپاسگزاریم.

فهرست مطالب

- معرفی ۱
- اندازه گیری شبکه زمین تأسیسات الکتریکی - ایمان طباطبایی ۲
- بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبریز رودخانه جاجرود- ۱۰
- زهرامشایخی
- شبیه سازی رفتار ژنراتورهای القایی آسنکرون DFIG در یک نیروگاه بادی در زمان اتصال کوتاه شبکه با استفاده از نرم افزار DigSILENT- محمد رضا بیگلری، بابک حجتی ۱۶
- مبانی طرح سیستم HVDC- علیرضا رئیسی، کامران رضایی ۲۲
- ملاحظات بهداشتی و زیست محیطی استفاده از پساب در روش های مختلف آبیاری تحت فشار (مطالعه موردی پساب خروجی تصفیه خانه اولنگ مشهد) - علی سمیعی، رامین نیکنام، امیر ابراهیم یوسف پور ۳۳
- اصلاح مدل رفتاری موهر کولمب جهت تخمین نشست سطح زمین بر اثر حفاری تونل های کم عمق - رسول فرج نیا ۴۰
- مدیریت ریسک و یکپارچه سازی خطوط انتقال - بابک فرهمندشاد ۴۵

هیئت داوران:

مهندس پورنگ پاینده، مهندس مسعود حبیب...زاده، مهندس فتانه دوستدار، مهندس رضا رضوی، مهندس داریوش چگینی، مهندس داود زاور، مهندس فرهاد شاه منصوریان، دکتر جعفر عسگری، مهندس آرمین علیدوستی، مهندس امیر همایون فتحی، مهندس بهرام کرمانی، مهندس علی اصغر کسائی، مهندس محسن کمالی زاده، مهندس بهزاد مرادی، مهندس وحید مرتضوی، مهندس مهرداد مستقیم، مهندس الهام ملکی، مهندس محمدرضا نصرالهی، مهندس رسول نحوی زاده، مهندس بهروز هنری.

این نشریه از طریق اینترنت قدس نیرو در دسترس همکاران می باشد. ارتباط مستقیم با مقاله دهندگان از طریق Email یا فاکس آنان در انتهای هر مقاله و همچنین ارائه نظرات، پیشنهادات و سؤالات احتمالی خوانندگان گرامی از طریق اینترنت قدس نیرو و یا شماره تلفن نشریه ۸۸۴۴۲۴۸۲ امکان پذیر می باشد.



اندازه‌گیری شبکه زمین تأسیسات الکتریکی

ایمان طباطبائی

کارشناس برق - SBU نیروگاه

چکیده

مسئله زمین و زمین کردن از مباحث عمده سیستم‌های الکتریکی است که نقش حیاتی در حفاظت جان انسانها و جلوگیری از خسارات مالی دارد. مقصود از زمین کردن، متصل نمودن نقاط خاصی از سیستم توزیع برق و تجهیزات برقی به الکترودهای خاصی که به همین منظور در خاک دفن شده‌اند می‌باشد. مجموعه الکترودهای مدفون را شبکه زمین^۱ و اتصال نقاط خاص به این شبکه را زمین کردن^۲ می‌نامند.

اهداف عمده زمین کردن ایمنی انسان از برق‌گرفتگی و کاهش ضایعات به تجهیزات و عملکرد صحیح و هماهنگ وسایل حفاظتی می‌باشد.

امروزه طراحی شبکه‌های زمین بزرگ توسط نرم‌افزارهای پیشرفته صورت می‌گیرد که به عنوان مثال می‌توان از نرم‌افزارهای CYMGRD, ETAP و CDEGS نام برد ولی اولاً با توجه به اینکه ورودیهای نرم‌افزار نظیر مقاومت مخصوص زمین (که با اندازه‌گیری تخمین زده می‌شود) و انواع ضرایب تصحیح به کار رفته در محاسبات از دقت کمتری برخوردارند و ثانیاً به دلیل آنکه الگوریتم بکار رفته در اکثر این نرم‌افزارها دارای خطای ذاتی در تحلیل شبکه‌های بزرگ می‌باشد، لذا اطمینان از صحت طراحی تنها با تست دقیق شبکه زمین صورت می‌گیرد. در این مقاله که بر اساس استاندارد IEEE 81.2 و جدیدترین نشریات مربوطه و کاتالوگ سازندگان تجهیزات تست تهیه شده، دستورالعمل تست شبکه زمین بزرگ (نیروگاه، پست) جهت استفاده ناظران بر تست ارائه گردیده تا با آگاهی کامل بردقت تست‌ها نظارت نمایند.

۱- بررسی عوامل خطا در محاسبات شبکه زمین

در این بخش به عواملی اشاره می‌گردد که می‌تواند باعث ایجاد خطای زیادی در طراحی و تحلیل شبکه‌های زمین بزرگ بوسیله نرم‌افزار شود.

شایان ذکر است این عوامل خطا معمولاً از کنترل طراح خارج بوده که این مسئله اهمیت تست دقیق شبکه زمین اجرا شده را بیش از پیش آشکار می‌سازد و نشان می‌دهد در بررسی امنیت و کفایت شبکه زمین نبایستی تنها به نتایج محاسبات اتکا نمود.

۱-۱- عدم تعیین دقیق مدل خاک

مقاومت ویژه خاک معمولاً بوسیله روش چهار الکترودی ونر^۳ تا عمق نسبی بین ۱۵-۵۰ متری اندازه‌گیری می‌گردد. یکی از مشکلات رایج در طراحی شبکه‌های زمین بزرگ، عدم اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک تا عمق مناسب می‌باشد که نتیجه آن عدم تعیین مدل دقیق خاک برای طراحی شبکه زمین است. آیا مقاومت ویژه خاک تنها تا عمقی از زمین که شبکه زمین در درون آن دفن می‌گردد در تعیین مقاومت شبکه زمین نقش اساسی دارد؟ در شبکه‌های زمین گسترده جواب این سؤال منفی بوده و در این شبکه‌ها مقاومت ویژه اعماق خاک (تا عمق

چندین برابر ابعاد شبکه زمین) نیز تأثیر بسزایی در تعیین مقاومت شبکه زمین و به نوبه خود ولتاژهای تماس و قدم دارد. بنابراین اگر در زمان اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک (که معمولاً همراه با سایر مطالعات خاک در اوایل پروژه صورت می‌گیرد) تنها مقاومت ویژه لایه بالایی خاک (مثلاً تا عمق ۱۵ متر) اندازه‌گیری شود، طراح مجبور است مقاومت ویژه لایه‌های زیرین را نیز برابر مقاومت ویژه لایه‌های بالایی در نظر بگیرد که این مسئله می‌تواند باعث ایجاد خطای فاحشی در محاسبات گردد. مخصوصاً در زمانی که لایه زیرین خاک بستر سنگی (دارای مقاومت ویژه بالای ۳۰۰۰ اهم . متر) باشد، جهت روشن تر شدن موضوع شبکه زمین یکی از نیروگاههای کشور بوسیله نرم‌افزار CYME مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این نیروگاه اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک تا عمق نسبی ۱۵ متر، مقدار ۱۰۰ اهم متر را نشان می‌دهد. جهت محاسبات زمین این نیروگاه، مقاومت ویژه لایه زیرین خاک نیز برابر مقاومت ویژه لایه بالایی در نظر گرفته شده است

- 1- Ground Grid, Ground Network, Primary Grounding
- 2- Grounding, Earthing
- 3-Wenner

(مورد ۱ جدول). با تغییر مقاومت ویژه لایه زیرین خاک نشان داده می‌شود که عدم اطلاع از مقاومت ویژه لایه زیرین خاک تا چه حد می‌تواند نتایج محاسبات را تغییر دهد. شایان ذکر است که با مراجعه به جدول (۱) تغییرات ولتاژهای تماس و قدم نسبت به مورد ۱ جدول، در حد تغییرات مقاومت شبکه زمین خواهد بود. بنابراین توصیه می‌گردد جهت تعیین مدل دقیق خاک در طراحی شبکه‌های زمین بزرگ، مقاومت ویژه خاک در حداقل چند نقطه از سایت تا عمق زیاد بوسیله روش چهار الکترودی شلم‌برگر^۱ اندازه‌گیری گردد.

۲-۱- پوشانده شدن سطح سایت بوسیله لایه سطحی

در طراحی شبکه زمین، جهت کاهش ولتاژ تماس و قدم، سطح سایت بوسیله یک لایه سطحی (Surface Layer) با مقاومت بالا و ضخامت بین ۱۰-۲۰ سانتیمتر پوشانده می‌شود ولی عملاً "قسمتهایی از سایت بوسیله پوشش بتنی یا پوششهای دیگری که مقاومت ویژه کمی دارند پوشانده می‌شود (و یا اصلاً توسط لایه سطحی پوشانده نمی‌شوند). بنابراین لازم است مقدار واقعی ولتاژهای تماس و قدم در مکانهای مورد نظر بوسیله تست تعیین گردد.

۳-۱- الگوریتم به کار رفته در نرم‌افزار تحلیل شبکه زمین

الگوریتم به کار رفته در بسیاری از نرم‌افزارهای تجاری موجود در بازار مانند CYME و ETAP در تحلیل شبکه‌های زمین بزرگ و وسیع دارای خطا می‌باشد. در این نرم‌افزارها فرض می‌شود که ولتاژ سراسر شبکه زمین در هنگام خطا به یک میزان برابر ولتاژ GPR افزایش می‌یابد. این فرض در شبکه‌های زمین کوچک و یا متوسط معتبر می‌باشد ولی در شبکه‌های زمین بزرگ با مقاومت کم اعتبار خود را از دست می‌دهد. در این شبکه‌ها ولتاژ GPR در هنگام وقوع خطا می‌تواند بین یک نقطه نزدیک

به محل خطا و یک نقطه دور دست تا حدود ۴۰ درصد اختلاف داشته باشد. بنابراین بایستی دقت نمود در هنگام تست شبکه زمین نیروگاهی محل تزریق جریان در مجاورت ترانس اصلی انتخاب گردد. البته نرم‌افزارهایی مانند CDEGS نیز وجود دارند که می‌توانند ولتاژ GPR را در تک تک نقاط شبکه به صورت مجزا محاسبه نمایند و به نظر می‌رسد این نرم‌افزارها جهت تحلیل شبکه‌های زمین بزرگ و گسترده مناسب‌تر باشند.

۲- اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین

بعد از نصب شبکه زمین و اتصال نقطه خنثی و بدنه فلزی تجهیزات به آن، صحت طراحی توسط تست‌های متعددی صورت می‌گیرد که عمده‌ترین آنها اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین و ولتاژهای گام و تماس است.

۱-۲ تعاریف

۱-۱- شبکه زمین: در تأسیسات بزرگ نظیر نیروگاه و پست، شبکه زمین عبارت است از مجموعه هادیهای لخت بصورت مشبک که در عمق ۰/۵ تا ۱/۵ متری خاک بصورت افقی در سطح تأسیسات گسترده شده، و مضافاً تعدادی الکترو دی میله‌ای بصورت عمودی به این شبکه متصل شده‌اند. جهت حفاظت از برق‌گرفتگی لازمست بدنه فلزی کلیه تجهیزات الکتریکی و غیرالکتریکی که در دسترس قرار دارند به این شبکه متصل گردد که زمین کردن حفاظتی^۲ نامیده می‌شود. نقطه خنثی سیم پیچ تجهیزاتی نظیر ژنراتور و ترانسفورمر نیز به این شبکه متصل می‌گردد که زمین الکتریکی^۳ نام دارد.

جدول (۱)

مورد	ρ_1	ρ_2	h	R
1	100	100	∞	0.0945
2	100	3000	50	0.6185
3	100	3000	100	0.4226
4	100	6000	50	0.7965
5	100	6000	100	0.5175

ρ_1 مقاومت ویژه لایه بالای خاک: [اهم-متر]
 ρ_2 مقاومت ویژه لایه زیرین خاک: [اهم-متر]
h عمق لایه بالای خاک: [متر]
R مقاومت شبکه زمین: [اهم]

1- Schlumberger
2- Protective Grounding
3- System Grounding



۲-۱-۲- مقاومت شبکه زمین: مقاومت کمیتی است که بین دو نقطه ظاهر میشود. مقاومت شبکه زمین، مقاومت جرم کلی زمینی است که بین شبکه زمین و نقطه‌ای در فاصله دور ظاهر میشود. این مقاومت عمدتاً توسط مقاومت الکتریکی خاک که رسانای بسیار ضعیفی است تعیین میشود و مقاومت خود هادیهای شبکه زمین نقش کمتری در آن دارد. تغییرات مقاومت غیر خطی است و هرچه به نقطه دور نزدیک‌تر شویم بر مقدار آن افزوده می‌شود تا اینکه در نقطه دور به مقدار نهایی برسد. از نظر تئوری، نقطه دور در بینهایت قرار دارد، جایی که چگالی جریان در خاک به صفر می‌رسد. برای مقایسه، یک الکتروود میله‌ای بطول ۳ متر و قطر ۱۶ میلیمتر که بطور عمودی در خاک قرار دارد، حدود ۲۵ اهم مقاومت دارد. در فاصله نیم متری از میله، حدود ۷۰ درصد و در فاصله ۷ متری حدود ۹۹ درصد مقاومت ظاهر میشود، بعبارت دیگر فاصله دور عملی برای این الکتروود ۷ متر است. در شبکه زمین بزرگ و گسترده مقاومت زمین در واقع یک امیدانس با دو مولفه اهمی و سلفی است که اصطلاح مقاومت برای آن بکار میرود. گرچه خاک، رسانای ضعیفی است ولی مقاومت شبکه زمین بزرگ به علت سطح بسیار زیادی که به عبور جریان ارائه میدهد بسیار کم و در حد کمتر از ۰/۵ اهم است. با توجه به مطالب فوق برای اندازه‌گیری مقاومت شبکه نیاز به یک الکتروود فرعی نیز می‌باشد که در نقطه دور قرار گیرد تا مقاومت الکتریکی خاک بین این الکتروود و شبکه زمین اندازه‌گیری شود.

۲-۲- نحوه اندازه‌گیری

روش معتبر برای اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین، Fall of Potential است که روش Current-Voltage نیز نامیده می‌شود. در این روش، جریان به شبکه زمین تزریق می‌گردد تا با تأثیر بر مقاومت زمین، پتانسیلی در سطح زمین ظاهر شود (بند ۳-۱)، با اندازه‌گیری این پتانسیل و تقسیم آن بر جریان تزریقی، مقاومت شبکه تعیین می‌گردد. تجهیزات لازم برای تست مشتمل است بر منبع تغذیه جریان AC همراه با ولتمتر و آمپر متر، الکتروود جریان، الکتروود ولتاژ و سیم رابط.

برای اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین می‌باید مقدمات ذیل فراهم باشد:

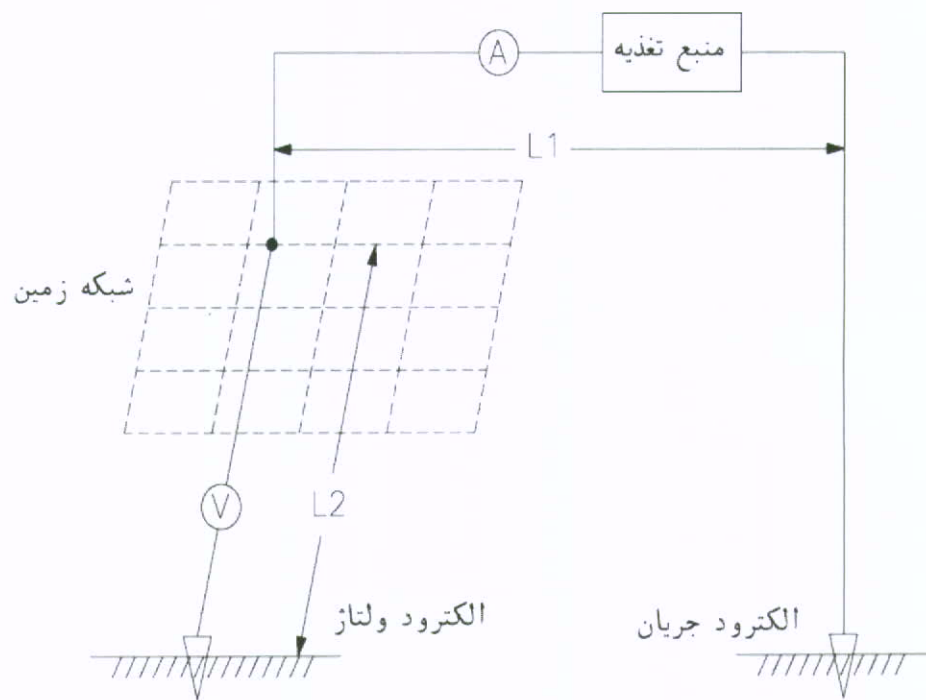
- شبکه زمین اجرا شده باشد و اتصال آن به بدنه فلزی تجهیزات کامل شده باشد.
- الکتروود جریان و ولتاژ از یک نقطه به شبکه زمین متصل شوند و این نقطه در بدنه اصلی شبکه قرار داشته باشد. محل اتصال نول ترانس اصلی به شبکه انتخاب مناسبی است.
- اندازه‌گیری بایستی در شرایط غیر بارانی و زمین خشک صورت گیرد.
- طبق شکل (۱) جریان حدود چند ده آمپر از طریق الکتروود جریان به شبکه تزریق می‌گردد. فاصله L_1 حداقل ۶/۵ برابر قطر شبکه و ثابت است. توجه گردد که با این فاصله زیاد، دقت اندازه‌گیری در حد ۹۵٪ است که با افزایش چندین برابر این طول میتواند به ۹۸/۵٪ برسد. در مواردی که برآورده ساختن فاصله لازم میان الکتروود جریان و شبکه زمین از لحاظ عملی امکان‌پذیر نمی‌باشد، می‌توان از خطوط انتقال متصل به نیروگاه و یا پست جهت تزریق جریان استفاده نمود. در شکل (۲) یک نمونه از تجهیزات مورد استفاده توسط شرکت Omicron جهت اندازه‌گیری پارامترهای شبکه زمین بوسیله خط انتقال نشان داده شده است.
- افت ولتاژ در سطح زمین از طریق الکتروود متحرک ولتاژ، توسط ولتمتر اندازه‌گیری می‌شود. با افزایش طول L_2 ، مقدار ولتاژ V افزایش می‌یابد تا اینکه تغییر فاصله تأثیری در مقدار قرائت نشان ندهد.
- به‌ازاء موقعیتهای مختلف الکتروود ولتاژ، مقادیر V و I قرائت و از رابطه $R=V/I$ مقاومت تعیین می‌گردد. در صورتیکه جریان تزریقی دارای فرکانس ۵۰ هرتز باشد مقادیر V و I شرح بند ۲-۳-۱ اصلاح گردد.

مقاومت نهایی بازاء ولتاژ نهایی (که با افزایش فاصله L_2 تغییری در ولتمتر حاصل نمی‌شود) حاصل می‌گردد.

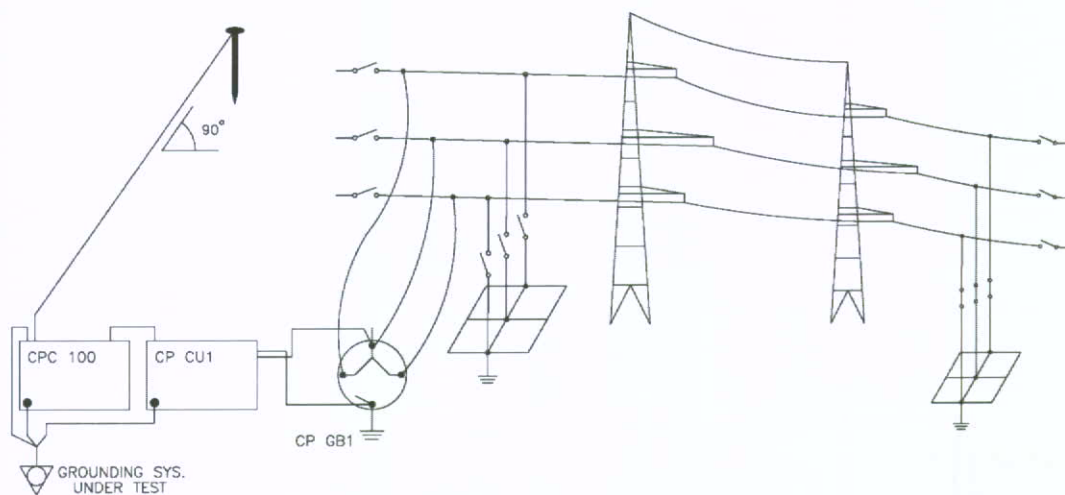
۲-۳- خطاهای اندازه‌گیری

هنگام اندازه‌گیری کمیات V و I ، لازمست نکات ذیل مد نظر قرار گیرد تا نتایج تست از دقت کافی برخوردار گردد:

۲-۳-۱- خطای فرکانس: وجود جریان ۵۰ هرتز در مدارات متفرقه نظیر خطوط هوایی و کابل، سبب ایجاد اختلال در مدار اندازه‌گیری مقاومت



شکل (۱): مدار اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین



شکل (۲): اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین بوسیله خط انتقال



زمین شده و در کمیات اندازه‌گیری خطا وارد می‌کند. در صورتیکه فرکانس جریان تزریقی به شبکه زمین در حد چند هرتز متفاوت از ۵۰ هرتز باشد، اختلال پدید نمی‌آید. خنثی کردن اختلالات ایجاد شده هنگام استفاده از فرکانس ۵۰ هرتز، با متد تغییر پلارایته ولتاژ اعمالی صورت می‌گیرد و نحوه تصحیح آن بشرح ذیل است:

(a) قبل از تزریق جریان ۵۰ هرتز، کمیات I_0 و V_0

که از طرف مدارات متفرقه در شبکه زمین القاء شده، اندازه‌گیری و ثبت شود.

(b) جریان I_a به شبکه زمین تزریق شده و طبق ضوابط بند ۲-۲ مقادیر V_a و I_a اندازه‌گیری و ثبت شود.

(c) پلارایته منبع تغذیه تغییر یابد و مقادیر I_b و V_b اندازه‌گیری و ثبت شود.

(d) مقادیر اصلاح شده I و V به ترتیب ذیل تعیین گردد:

$$I = \sqrt{\frac{1}{2}(I_a^2 + I_b^2)} - I_0 \quad (1)$$

$$V = \sqrt{\frac{1}{2}(V_a^2 + V_b^2)} - V_0 \quad (2)$$

۲-۳-۲- زاویه بین مسیر الکتروود جریان و الکتروود ولتاژ در دقت اندازه‌گیری تأثیر دارد و انتخاب زاویه ۹۰ درجه بیشترین دقت را ارائه می‌دهد. در صورت عدم امکان تأمین زاویه ۹۰ درجه، زاویه بین ۹۰ تا ۲۷۰ درجه انتخاب گردد.

۳-۳-۲- ابعاد الکتروود جریان بایستی مناسب مقدار جریان تزریقی انتخاب گردد تا سبب گرم شدن زمین و افزایش مقاومت الکتروود نگردد. درجدول (۱) مرجع ۳ مقدار جریان مجاز برای یک الکتروود میله‌ای برحسب مقاومت ویژه خاک ارائه شده تا اینکه دمای خاک اطراف الکتروود از ۶۰°C تجاوز نکند. برای تزریق جریان حدود ۵۰ آمپر مسلماً استفاده از یک الکتروود کافی نیست و لازمست از چندین الکتروود بطور موازی استفاده گردد که به کمک Table 1 قابل محاسبه است.

۴-۳-۲- فاکتور کاهش جریان: قسمتی از جریان I که توسط دستگاه تست به شبکه تزریق می‌گردد از طریق شبکه زمین مورد اندازه‌گیری، وارد خاک نمی‌شود بلکه از طریق شیلد خطوط I_s و یا سایر مسیرهای انحرافی می‌گذرد لذا پیش از اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین بایستی میزان

جریان I_s اندازه‌گیری گردد و از جریان تزریق I کم شود. جریان I_s قابل اندازه‌گیری توسط برخی از دستگاههای تست می‌باشد. مقدار r میتواند با توجه به شرایط سایت مقداری برابر ۰/۹۸-۰/۶ داشته باشد. با در نظر گرفتن فاکتور کاهش جریان، مقاومت شبکه زمین از رابطه (۳)

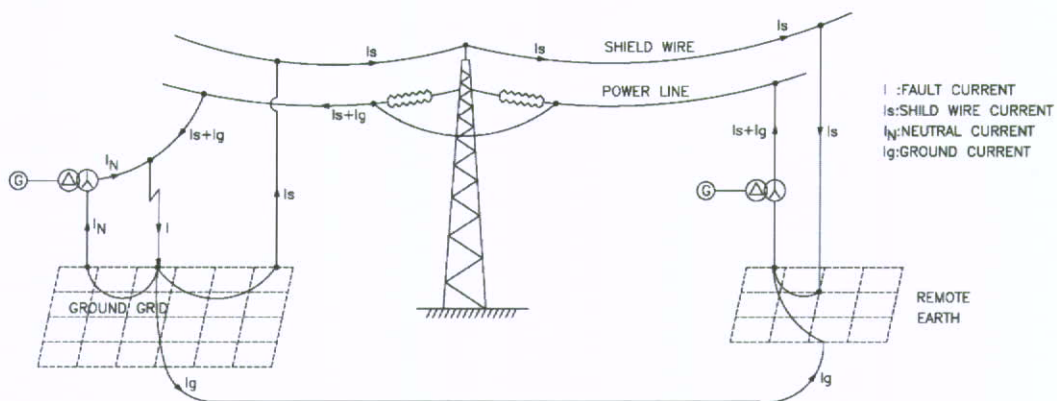
محاسبه می‌شود:

$$\frac{V}{I - I_s} = \frac{V}{I \times r} \quad r = 1 - \frac{I_s}{I} \quad r: \text{reduction factor} \quad (3)$$

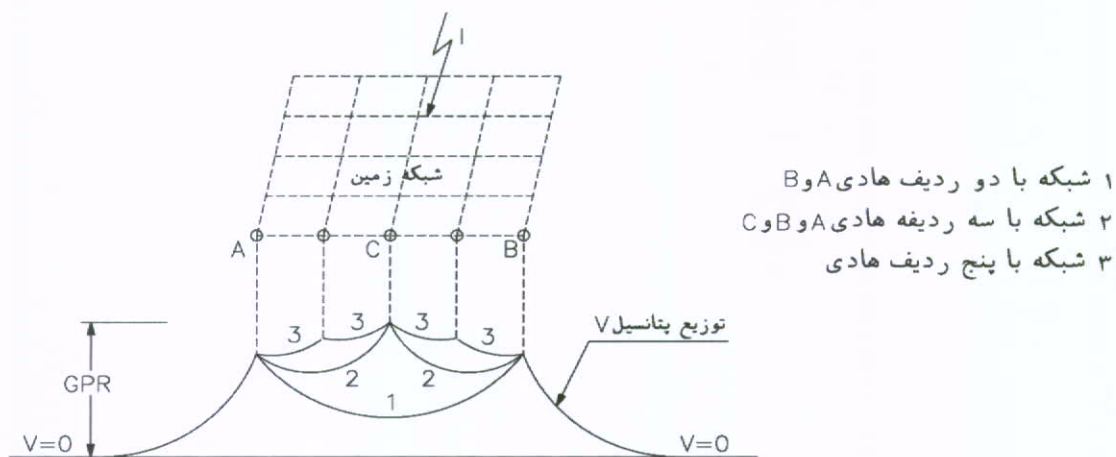
۳- اندازه‌گیری ولتاژهای گام و تماس

هنگام وقوع خطای فاز به زمین یا برخورد صاعقه با خطوط هوایی، جریان خطای I وارد هادیهای شبکه زمین میشود، شکل (۳). این جریان از دو مسیر یکی هادیهای متصل به شبکه زمین و دیگری لایه های خاک مدار خود را می‌بندد. مسیر هادیها مشتمل است بر شیلدوایر خطوط، نقطه خنثی ژنراتور و ترانس، خطوط ریلی و لوله‌های فلزی. برای محاسبه این جریانها لازمست امپدانسهای مسیر و امپدانسهای متقابل آنها معلوم باشد. در شکل (۳) فقط دو مسیر (I_N و I_S) برای این جریانها نمایش داده شده است. ولی بخش عمده جریان خطا، یعنی جریان خاک I_g پس از پخش در هادیهای شبکه زمین، در لایه‌های خاک توزیع شده و نهایتاً از طریق نقطه دور به منبع تغذیه خطا باز می‌گردد. جریان I_g با عبور از مقاومت الکتریکی خاک، پتانسیل الکتریکی در سطح زمین تأسیسات و خارج از آن ایجاد می‌کند، شکل (۴) حداکثر این پتانسیل در محل خطا به زمین ظاهر میشود و بتدریج از مقدار آن کاسته میشود تا در نقطه دور^۱ به صفر برسد. وجود این پتانسیل متغیر در سطح زمین سبب ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو پا (ولتاژ گام)، و بین پا و دست (ولتاژ تماس) و نتیجتاً خطر برق گرفتگی میشود.

در مرحله طراحی با چیدمان مناسب هادی‌های شبکه و الکتروودهای عمودی، این ولتاژها در حد مجاز قابل تحمل جانداران قرار می‌گیرد. بعد از نصب سیستم زمین، صحت محاسبات توسط اندازه‌گیری تأیید می‌گردد. در شکل (۴) نحوه توزیع پتانسیل در سطح زمین هنگام عبور جریان خطا رسم شده است. مشاهده می‌گردد که با کاهش فاصله بین هادیها، شیب تغییرات پتانسیل و نتیجتاً مقادیر ولتاژهای گام و تماس در محدوده شبکه زمین کاهش مییابد.



شکل (۳): نحوه توزیع جریان خطای فاز به زمین



شکل (۴): نحوه توزیع پتانسیل هنگام عبور جریان خطا

یک روش معتبر برای اندازه‌گیری ولتاژهای گام و تماس، متد Footprint-electrode with simulated personnel method

میباشد که در آن طبق شکل (۵) از دو الکتروود متحرک F و یک ولت‌متر با مقاومت داخلی حداقل ۱۰۰ کیلو اهم استفاده می‌گردد.

ابعاد الکتروودها معادل سطح پا و وزن آنها معادل وزن انسان است و مقاومت $R=1K\Omega$ مقاومت بدن را شبیه سازی می‌کند. نحوه تزریق جریان به شبکه زمین و ایجاد پتانسیل در سطح زمین مشابه تست اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین است و سپس با قراردادن الکتروودهای F در نقاط مختلف از سطح تأسیسات، ولتاژها اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد. مقادیر مجاز این ولتاژها که به جریان قابل تحمل بدن و زمان تداوم جریان بستگی دارد بر اساس مرجع ۳ برابر است با:

$$E_s = E_t = 1000 \times 0.157 / \sqrt{t}$$

مقادیر ولتاژ تماس و گام مجاز برای وزن ۷۰ کیلوگرم شایان ذکر است که مقادیر مجاز ولتاژ تماس و گام ذکر شده به دلیل تفاوت روش اندازه‌گیری و تست با آنچه در استاندارد IEEE80 آمده است، متفاوت می‌باشد. در حین تست مقادیر V_s ، V_t و I (جریان تزریق شده به شبکه زمین) قرائت و مقادیر واقعی ولتاژها از روابط ذیل تعیین می‌شود.

(۴) ولتاژ تماس

$$V'_t = V_t \frac{I_g}{I \times r}$$

(۵) ولتاژ گام

$$V'_s = V_s \frac{I_g}{I \times r}$$

r: reduction factor

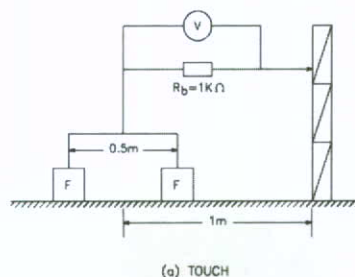
I_g حداکثر جریانی است که هنگام خطا وارد خاک (شکل ۳) میشود و در مدرک محاسباتی تعیین شده است.

۴- تعیین مقدار GPR

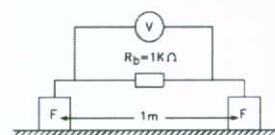
GPR^۱ حداکثر پتانسیلی است که هنگام ورود جریان خطا به شبکه زمین، در سطح تأسیسات پدید می‌آید. بیشترین مقدار آن در محل خطا ظاهر میشود و بتدریج از آن کاسته می‌گردد تا در نقطه دور به صفر برسد، شکل (۴) مقدار GPR از رابطه $R \times I_g$ تعیین می‌گردد و سپس با مقدار مجاز ولتاژ تماس مقایسه می‌شود. اگر GPR کوچکتر باشد، سیستم زمین از ایمنی لازم برخوردار است ولی اگر بزرگتر باشد بایستی مسأله ولتاژ انتقالی^۲ مد نظر قرار گیرد. ولتاژ انتقالی نوعی خاص از ولتاژ تماس است که در مرحله طراحی مورد بررسی قرار گرفته و تمهیدات لازم جهت حفاظت در برابر خطرات آن پیش‌بینی می‌گردد. در اینجا به برخی از موارد مربوط به نحوه انتقال این ولتاژ می‌پردازیم.

ولتاژ انتقالی همانطور که از نام آن پیداست، ولتاژیست که میتواند از محوطه شبکه زمین خطا دیده به خارج از آن، و برعکس از خارج به داخل شبکه منتقل گردیده و ایجاد خطر نماید. انتقال ولتاژ از طریق مدارهای مخابراتی، کندوئیت، لوله، سیم‌نول سیستم LV و بطور کلی از طریق یک رسانای موجود بین محوطه شبکه زمین و خارج از آن، صورت می‌گیرد.

- کابل برق LV هدایت شده به خارج از شبکه زمین، اگر هادی نول آن در داخل شبکه، زمین شده باشد، هنگام خطا دارای پتانسیل زمین که برابر GPR است خواهد شد و فرد ایستاده در خارج از شبکه زمین در برخورد با هادی نول، در تماس با GPR قرار خواهد گرفت. راه حل این مشکل ایزوله کردن هادی نول از شبکه زمین است.



(a) TOUCH



(b) STEP

شکل (۵): اندازه‌گیری ولتاژهای گام و تماس

1- Ground Potential Rise
2- Transfer Voltage

2. IEEE Std. 80-2000: IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding
3. IEEE Std. 81.2-1991: Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems
4. Omicron CP CU1 reference manual

بیوگرافی

آقای ایمان طباطبائی دارای کارشناسی برق قدرت از دانشگاه صنعتی شریف بوده و جمعاً دارای ۷ سال تجربه کاری در قدس نیرو میباشد. زمینه کاری و علاقه مندی ایشان در زمینه حفاظت الکتریکی و زمین کردن الکتریکی می باشد.

Email: itabatabaie@ghods-niroy.com

نگارنده مقاله مراتب قدردانی خود را از استاد گرامی جناب آقای دکتر قصبه که در تهیه این مقاله صمیمانه همکاری نمودند، ابراز میدارد.

• ساختمانهای جنبی تأسیسات که خارج از شبکه زمین قرار گرفته اند ولی برق خود را از منابع موجود در تأسیسات دریافت می کنند، اگر در فاصله مناسب جهت اتصال به شبکه زمین قرار داشته باشند بایستی به شبکه زمین متصل گردیده و لذا بخشی از شبکه زمین محسوب شده و همان ضوابط حفاظتی را رعایت کنند. ولی اگر ساختمانها در فاصله دور قرار می گیرند دو حالت وجود دارد. در حالتی که ارتباط رسانائی بین آنها وجود ندارد، بایستی دارای شبکه زمین جداگانه خود باشند. اما درحالتی که ارتباط رسانائی موجود باشد و برق ساختمان از منابع داخل محوطه شبکه زمین تأمین شود بایستی برق را از طریق ترانس مخصوص بخود دریافت کنند و هادی نول ثانویه ترانس فقط به شبکه زمین جداگانه ساختمان متصل گردد.

• خطوط ریلی و لوله فلزی هدایت شده به خارج از محوطه شبکه زمین، جهت هم پتانسیل شدن به شبکه زمین متصل میشوند و لذا دارای GPR خواهند شد. جهت کاهش یا حذف این پتانسیل، لازمست در محدوده خروج از شبکه زمین از مابقی قسمت ایزوله شوند.

• قسمتهایی از فنس پیرامونی نیروگاه و چراغهای خیابانی جاده گشت زنی که در بیرون از شبکه زمین قرار می گیرند، می توانند دارای ولتاژ انتقالی شوند لذا جهت زمین کردن این تجهیزات بایستی تمهیدات خاصی اندیشیده شود که بحث در این پیرامون خارج از محدوده این مقاله قرار دارد.

مراجع

1. IEEE Std. 142-2007: IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial Commercial Power Systems

بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبریز رودخانه جاجرود

زهرا مشایخی

کارشناس محیط زیست - SBU آب

چکیده

رودخانه جاجرود به دلیل نزدیکی به شهر تهران و نیز آب و هوای کوهستانی و ییلاقی از دیرباز مورد توجه و علاقه شهرنشینان و گردشگران تهرانی بوده است. در این مطالعه به منظور بررسی تأثیر توسعه بی رویه و ناپایدار در روستاهای واقع در شمال شهر تهران، حوزه آبریز رودخانه جاجرود واقع در محدوده سیاسی شهرستان شمیرانات با مساحت ۷۱۰ کیلومتر مربع انتخاب گردید. جهت بررسی میزان تغییرات اتفاق افتاده در سطح انواع کاربری‌های اراضی، تصاویر ماهواره‌ای منطقه در دو مقطع زمانی مختلف شامل تصویر ماهواره لندست ETM+ مربوط به سال ۱۹۸۸ و نیز تصویر ماهواره IRS مربوط به سال ۲۰۰۶ در محدوده مطالعاتی تهیه گردیده و پس از انجام پردازش‌های لازم و تصحیح هندسی (ژئورفرنس) تصاویر، عمل طبقه بندی و تفکیک انواع کاربری‌ها در این دو مقطع انجام شده و میزان تغییرات حادث شده در هر طبقه تعیین گردید. نتایج نشان دادند که در بازه زمانی مورد بررسی از بین کاربری‌های موجود در محدوده مورد مطالعه (کشاورزی، مرتع، خانه و ویلاسازی، باغ و دریاچه سد لتیان)، اراضی مرتعی و کشاورزی با کاهش سطح به ترتیب ۱۴ و ۲ درصد در این فاصله زمانی همراه بوده اند و دریاچه سد لتیان، مناطق مسکونی و باغات افزایش سطح به میزان ۳۹، ۴۱ و ۱۴ درصد داشته‌اند. نتایج این پژوهش نشان دهنده ضرورت اجرای برنامه‌های ارزیابی توان و آمایش سرزمین در راستای نیل به اهداف توسعه پایدار است.

واژگان کلیدی: توسعه، کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای، تخریب، شهرنشینی، حوزه آبریز

۱-مقدمه

منطقه، جمعیت غیرساکن منطقه در دهه‌های اخیر افزایش داشته است. تخریب و خاکبرداری و تغییر کاربری اراضی از کشاورزی و مرتع به اماکن مسکونی، احداث جاده‌های دسترسی و کاهش پوشش گیاهی طبیعی در اثر بوته‌کشی و چرای بی‌رویه دام موجب بالا رفتن پتانسیل فرسایش در منطقه شده‌است.

این منطقه در گذشته‌ای نه چندان دور به دلیل انبوه درختان کهنسالی که اطراف جاده حاشیه جاجرود را فراگرفته بود، به «دالان سبز» رودبار قصران شهرت داشت و امروز بهتر است دالانی از آهن و سیمان بی‌جان نامیده شود. ساخت و سازهای بی‌رویه محیط زیست طبیعی مناطق پایین دست کوه‌های البرز را به خطر انداخته، آهوان و پرندگان زیبا را از آنجا رانده و به دلیل رشد بی‌رویه آپارتمان سازی‌های پرهزینه در حاشیه این رودخانه با-اهمیت و حیاتی، و آن هم توسط غیر بومیانی که شاید سالی چند بار هم در آنها، ولو برای ساعتی سکونت نکنند، نفس‌کشیدن ریه‌های شهر پرجمعیت و شلوغ تهران را به شماره انداخته است. قدیم‌ها، بوی خوش گل و گیاهان، آدمی را سرمست می‌کرد. برخی از روستاییان در کنار رودخانه جاجرود درختان توت و گردو و شاتوت می‌کاشتند و میوه‌هایش را نذر رهگذران می‌کردند تا

امروزه به واسطه افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی و بالا رفتن استاندارد زندگی مردم شاهد تخریب و تغییر سریع و غیراصولی کاربری‌های اراضی در سطح کشور هستیم که با دیگر بحران‌های موجود دست به دست هم داده و زمین و آب در دسترس انسان برای بهره‌برداری و بهره‌وری را با محدودیت کمی و کیفی مواجه ساخته‌اند. در این میان مناطق واقع در نقاط خوش آب و هوا و مجاور شهرهای بزرگ بیشتر قربانی توسعه‌های بی‌رویه و ندانم‌کاری‌های مرفهین شهرنشین قرار گرفته‌اند. یکی از این مناطق، روستاها و اراضی واقع در حاشیه رودخانه جاجرود است که علاوه بر ارزش تفریحی، دارای منابع زیست‌محیطی ارزشمند دیگری است که عرضه‌کننده کالاها و خدمات اکولوژیکی بیشماری می‌باشند اما متأسفانه در روند توسعه کمتر به آنها بها داده شده‌است. ارزش تفرجگاهی منطقه، ورود سرمایه‌های شهرنشینان و رواج ویلاسازی در منطقه سبب کاهش عرصه‌های طبیعی و تبدیل آنها به مناطق مسکونی شده است. افزایش تقاضا و هجوم سرمایه‌های ساکنین پایتخت، قیمت زمین و املاک را به طور چشمگیری افزایش داده و بسیاری از روستاییان مبادرت به فروش زمین‌های خود کرده‌اند. بنابراین علی‌رغم کاهش جمعیت ساکن



هر مسافری که از این محل می‌گذشت، به رایگان بتواند از میوه‌های درختانش بخورد. اما افزایش جمعیت و به خصوص هجوم افراد غیر بومی برای گردش و تفریح و ساختمان‌سازی در حاشیه جاجرود و در نتیجه نفوذ فاضلاب و ریختن زباله به این رودخانه، اکوسیستم آن را به هم زد. با توجه به اهمیت حوزه آبریز رودخانه جاجرود و لتیان در تأمین آب شرب شهر تهران، توجه به ارزش‌های زیست‌محیطی این منطقه و جلوگیری از تخریب آن از اهمیت زیادی برخوردار است.

۲- مواد و روش‌ها

حوزه آبریز رودخانه جاجرود واقع در محدوده سیاسی شهرستان شمیرانات، محدوده‌ای است که در فاصله ۵۱.۲۲ تا ۵۱.۵۱ درجه طول جغرافیایی و ۳۵.۴۵ تا ۳۶.۵۰ درجه عرض شمالی واقع شده است. مساحت کل محدوده فوق برابر ۷۱۰ کیلومتر مربع (۷۱۰۰۰ هکتار) می‌باشد. شهرستان شمیرانات که مرکز آن شهر تجریش است، از ۳ بخش مرکزی، لواسانات و رود بار قصران تشکیل شده است. مهم‌ترین رودخانه‌ی این منطقه رودخانه جاجرود است و آب و هوای شهرستان شمیرانات به علت موقعیت کوهستانی، سرد و خشک است (شکل ۱).

منطقه جاجرود فاقد نقطه شهری و عرصه‌های مرتعی و زیستگاهی متعلق به عشایر بوده و در مجموع ۱۱۴ آبادی شامل ۶۰ آبادی دارای سکنه و ۵۴ آبادی غیر مسکونی را در خود جای می‌دهد. در این محدوده، در سال ۱۳۸۶ تعداد ۲۰۵ پروانه ساختمانی در مساحتی معادل ۴/۹ هکتار برای احداث بنا صادر شده که از این تعداد ۱۹۶ واحد مسکونی، ۷ واحد مسکونی توأم با کارگاه، یک واحد بازرگانی و یک واحد صنعتی، آموزشی و بهداشتی می‌باشد. مراکز مهم جمعیتی آن عبارتند از: گلندونک، افجه، برگ جهان، نیکنام ده، کند بالا، کند پایین، چهارباغ، راحت‌آباد، هنزک، بوجان، لواسان بزرگ، انباج و امامه. فضاهای روستایی در منطقه مورد مطالعه عمدتاً در سرشاخه‌های رودها و دور از مسیرهای رفت و آمد در منطقه مستقر هستند. به لحاظ بافت روستایی در این فضاها عملکرد مسکونی - کشاورزی (باغداری) جریان دارد. مناطق روستایی عمده در حوزه در زیر حوزه لواسانات و گرمابدره و در شمال دریاچه سد لتیان واقع شده‌اند. وسعت اکوسیستم مسکونی براساس نقشه کاربری اراضی معادل ۲۷۶۲/۵ هکتار و تراکم جمعیت در هر هکتار معادل ۱۳/۹ نفر بوده

است. جدول (۱) وضعیت مراکز جمعیتی شهرستان شمیرانات را نشان می‌دهد.

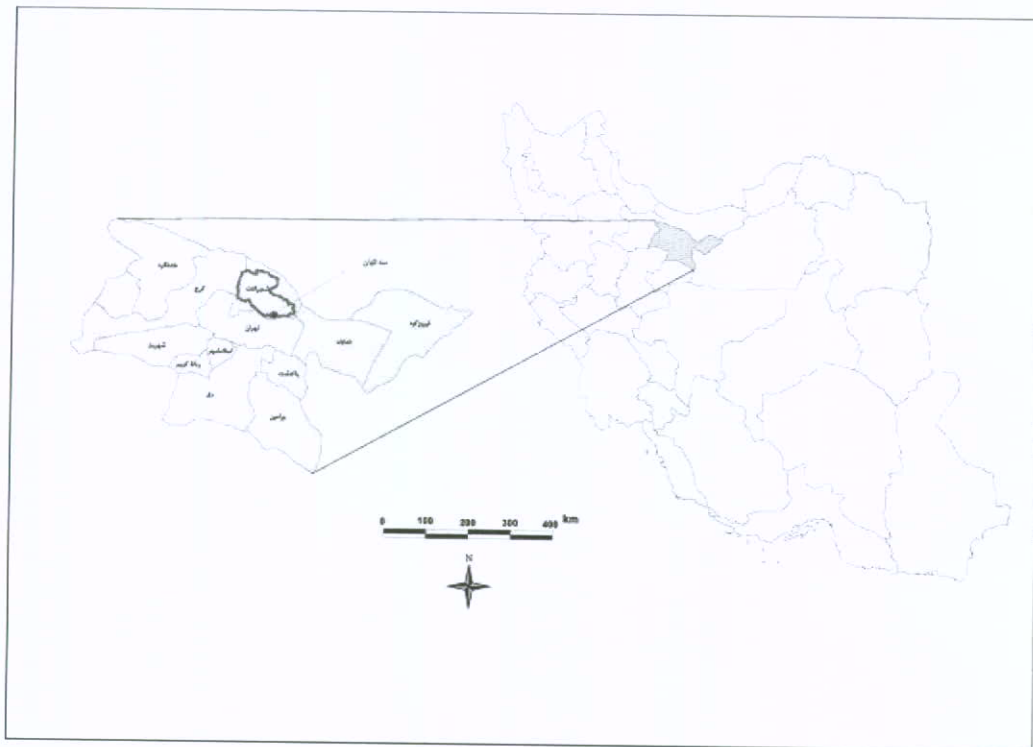
جهت بررسی میزان تغییرات اتفاق افتاده در سطح انواع کاربری‌های اراضی، تصاویر ماهواره‌ای منطقه در دو مقطع زمانی مختلف شامل تصویر ماهواره لندست ETM+ مربوط به سال ۱۹۸۸ و نیز تصویر ماهواره IRS مربوط به سال ۲۰۰۶ مربوط به محدوده مطالعاتی تهیه گردیده و پس از انجام پردازش‌های لازم و تصحیح هندسی (ژئورفرنس) تصاویر، عمل طبقه‌بندی و تفکیک انواع کاربری‌ها در این دو مقطع انجام شده و میزان تغییرات حادث شده در هر طبقه تعیین گردید.

۳- نتایج

براساس نتایج پردازش و طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای منطقه در دو مقطع زمانی ۱۹۸۸ و ۲۰۰۶، سطوح باغات نیز از ۳۷۹۳ هکتار به ۴۳۱۲ هکتار افزایش یافته است (۵۱۹ هکتار افزایش در کل دوره) و نرخ این افزایش سالانه ۶۴/۸ هکتار برآورد گردیده است. جمعیت تعداد معدودی از روستاها رشد منفی داشته که بیانگر مهاجرت روستاییان و زوال روستا نشینی در منطقه است. ارزش تفرجگاهی منطقه، ورود سرمایه‌های شهرنشینان و رواج ویلاسازی در منطقه سبب کاهش عرصه‌های طبیعی و تبدیل آنها به مناطق مسکونی شده است.

سطح اراضی زراعی کشاورزی از ۲۸۱۲ هکتار در سال ۱۹۸۸ به ۲۵۱۴ هکتار در سال ۲۰۰۶ کاهش یافته است. بنابراین، سطح اراضی کشاورزی در محدوده مطالعاتی به دلیل کاهش شدید زراعت دیم در حال کاهش بوده و نرخ این کاهش سالانه معادل ۱/۳۲ درصد برآورد شده است. میزان تولید غذا در اکوسیستم‌های کشاورزی (شامل محصولات باغی و زراعی) در سال ۱۳۸۶ براساس برآوردهای انجام شده معادل ۷۸۰۸۱/۸۵ تن و در سال ۱۳۸۷ معادل ۸۴۰۸۰/۵۶ تن بوده است. بنابراین، کارکرد تولید غذا در اکوسیستم کشاورزی سالانه با نرخ ۱/۰۹ درصد افزایش یافته است.

بر این اساس، کاربری‌هایی که با کاهش سطح در این فاصله زمانی همراه بوده‌اند شامل اراضی مرتعی و کشاورزی می‌باشد. براساس اطلاعات بدست آمده مشاهده می‌شود که در این فاصله زمانی از سطوح اراضی مرتعی و کشاورزی کاسته شده و بر سطوح اراضی مسکونی و ساخته شده افزوده شده است (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل (۱): موقعیت حوزه آبریز جارود در استان تهران

جدول (۱): وضعیت مراکز جمعیتی شهرستان شمیرانات

جمعیت روستایی	وضعیت سکونت آبادیها						شهرستان
	دارای سکنه		خالی از سکنه		مجموع آبادیها		
	نسبت(%)	شمار	نسبت(%)	شمار	نسبت(%)	شمار	
۱۳۰۴۹	۵۲/۶	۶۰	۴۷/۴	۵۴	۵/۷	۱۱۴	شمیرانات

جدول (۲): تغییرات سطوح اراضی در فاصله سالهای ۱۹۸۸-۲۰۰۶ (هکتار)

کاربری	مساحت ۱۹۸۸ (هکتار)	مساحت ۲۰۰۶ (هکتار)	تغییر کل (هکتار)	تغییر نسبت به دوره قبل (۱۹۸۸)
دریاچه	۲۲۶/۱۶	۳۱۴/۱۶	+۸۸	۳۸/۹۱
اراضی کشاورزی	۲۸۱۲/۳	۲۵۱۳/۹۳	-۲۹۸/۳۹	-۱۰/۶
مسکونی	۱۹۵۳/۰۶	۲۷۶۲/۵	+۸۰۹/۴۲	۴۱/۴۴
درختان دره ای و باغات	۳۷۹۳/۳	۴۳۱۲/۸	+۵۱۹/۴۸	۱۳/۶۹
مراعات	۶۰۷۸۵/۶	۵۹۶۶۷/۶	-۱۱۱۷/۹۹	-۱/۸۳

بر این اساس، کاربری‌هایی که با کاهش سطح در این فاصله زمانی همراه بوده اند شامل اراضی مرتعی و کشاورزی می باشد. بر اساس اطلاعات بدست آمده مشاهده می شود که در این فاصله زمانی از سطوح اراضی مرتعی و کشاورزی کاسته شده و بر سطوح اراضی مسکونی و ساخته شده افزوده شده است (شکل های ۲ و ۳).

مهم ترین منابعی که با افت کیفیت مواجه بوده اند، عرصه های جنگلی و مرتعی می باشند که نسبت به قبل کم تراکم تر و تنک تر شده اند. این امر به سبب چرای بی رویه و افزون بر ظرفیت دامها از مراتع منطقه می باشد. همچنین کاهش سطوح اراضی جنگلی متراکم تر و افزایش سطح اراضی جنگلی کم تراکم تر علاوه بر آنکه مبین تبدیل کاربری بخشی از سطوح جنگلی می باشد، بیانگر تبدیل بخشی از اراضی جنگلی متراکم تر به کم تراکم تر است که این مساله می تواند به سبب زراعت های انجام شده در زیراشکوب جنگل ها و تخریب های انجام شده به واسطه ویلاسازی و نیز تأمین سوخت مردم منطقه باشد.

۴- نتیجه گیری

حوزه ابریز جاجرود و شمیرانات به واسطه ی نزدیکی به تهران و داشتن آب و هوای شادی بخش و دل پذیر همواره جاذب جمعیت بوده و دارای مکان های دیدنی و آثار تاریخی قابل توجهی است. شهرستان شمیرانات به دلیل نزدیک بودن به شهر تهران و داشتن هوای دل پذیر و معتدل کوهستانی (بیلاقی) در تابستان ها پذیرای تعداد زیادی از پایتخت نشینان است. پست های اسکی، کوه های توچال، دره های توچال، آبشارهای کوچک و بزرگ، چون آبشار دوقلو، رودخانه های پرآب و خروشان در دامنه کوه های سر به فلک کشیده و دریاچه های زیبایی چون دریاچه سد لتیان بخشی از جاذبه های طبیعی منطقه است که در کنار آثار متعدد تاریخی و موزه های متعدد پذیرای گردشگران زیادی است. در یک آمارگیری در مرداد سال ۱۳۸۵، طی ۱۴ ساعت روز جمعه قریب به ۱۲۰ هزار نفر گردشگر از گردنه قرچک از منطقه خارج شده اند و براساس برآوردی از این تعداد حدود ۷۰ هزار نفر مربوط به بخش رودبار قصران و ما بین لواسانات می باشد. براساس آخرین اطلاعات و براساس گفته مسئولان محلی در تابستان ۸۷ در روزهای تعطیل جمعیتی در حدود ۳۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰ گردشگران روزی به منطقه سرازیر می شوند.

چرای بی رویه و چند برابر ظرفیت مراتع و چرای دام از جنگل های منطقه همواره وجود داشته است. بهره برداری از چوب درختان جنگلی برای استفاده سوخت و ساختمان روستاهای اطراف و حتی شهرهای دورتر در گذشته در جنوب کوهستان البرز رواج

داشته و احتمالاً یکی از عوامل اصلی نابودی جنگل ها و مراتع منطقه بوده است. جنگل های نیمه خشک واقع بر شیب جنوبی البرز با داشتن شرایط رویشگاهی شکننده و حساس در بسیاری نقاط منقرض شدند زیرا تداوم فشارها مانع از احیاء طبیعی و ترمیم صدمات وارده شد. در حال حاضر بهره برداری از چوب درختان و توده های جنگلی باقی مانده در شیب های جنوبی البرز کمتر مشاهده می شود ولی متأسفانه در سال های اخیر ساخت و سازها و ویلاسازی ها در ارتفاعات دامنه جنوبی البرز به یک مشکل جدی در جهت تخریب اکوسیستم های منطقه تبدیل شده است.

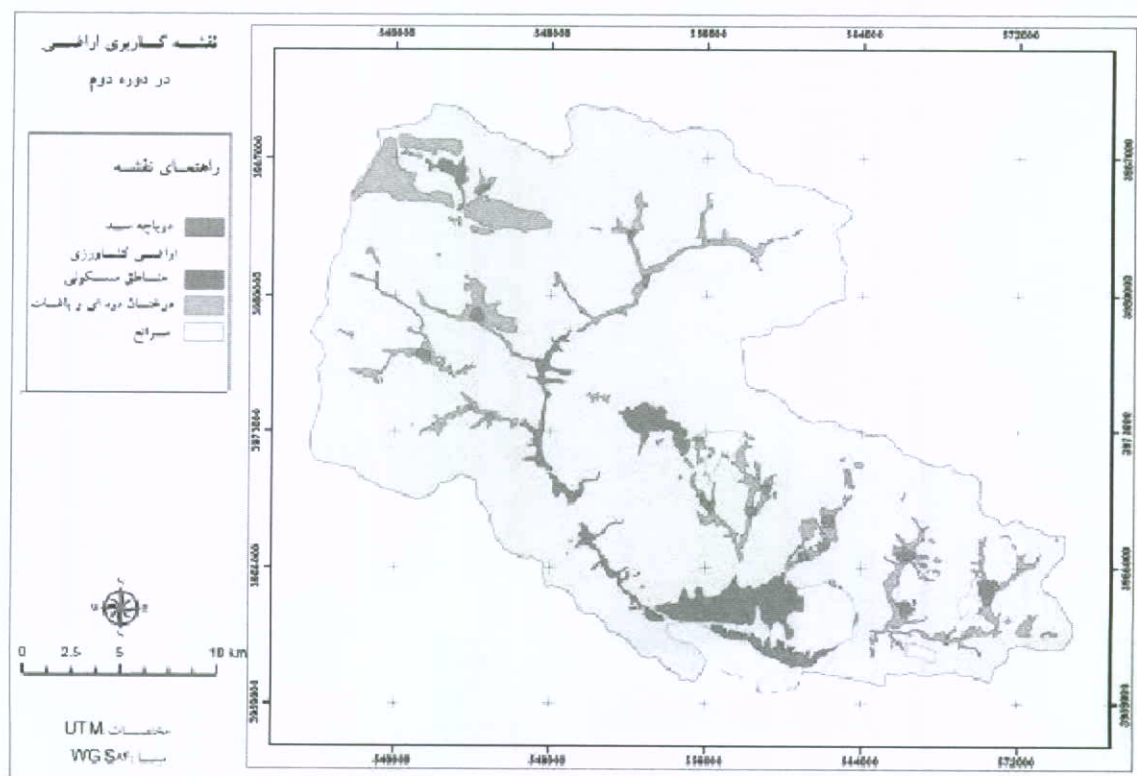
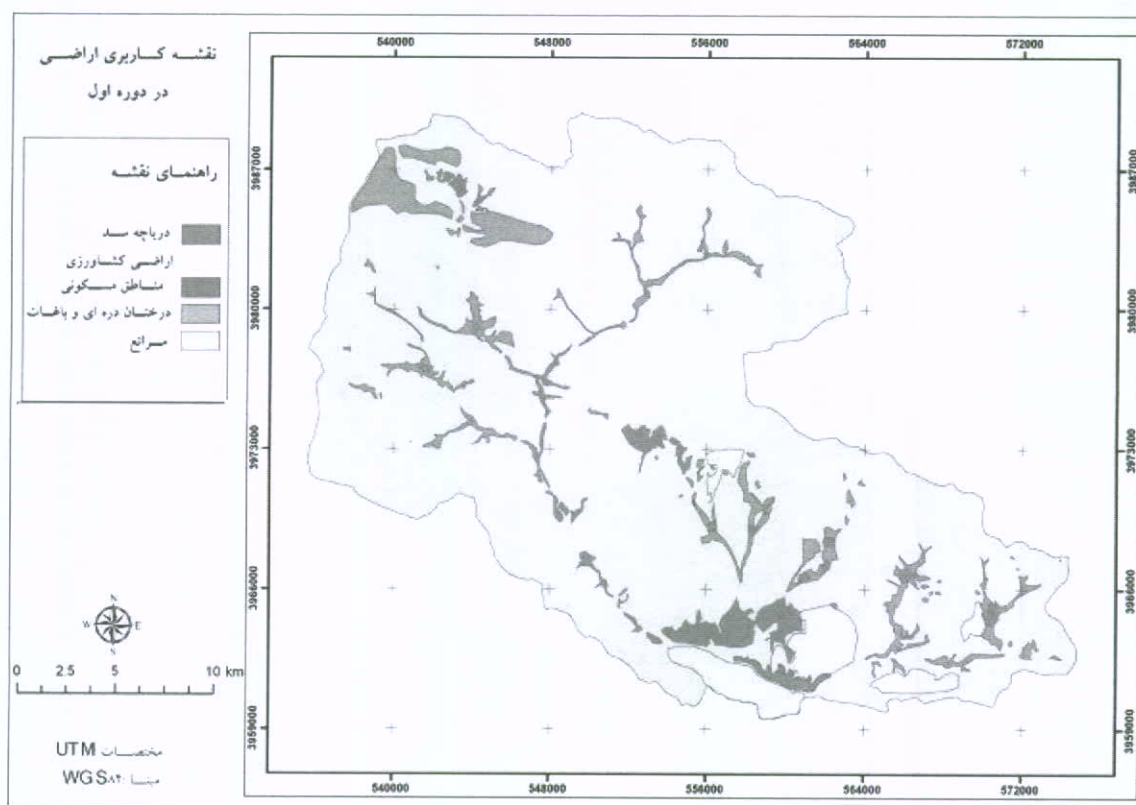
در روند فروش باغات، مراتع و خانه های روستاییان و تغییر کاربری اراضی به ویلا و بافت های تفرجگاهی، عدم ممیزی اراضی ملی از اراضی شخصی، سوءاستفاده های فراوانی را موجب شده به نحوی که امروزه شاهد تبدیل لجام گسیخته اراضی ارزشمند کوهستانی به ساختمان و ویلا هستیم.

مهم ترین عوامل تخریب مراتع و توده های جنگلی منطقه عبارتند از:

- چرای بی رویه و چند برابر ظرفیت از مراتع و نیز چرا در توده های جنگلی
- توسعه لجام گسیخته ساخت و سازها و ویلا سازی در دامنه های کوهستانی و اراضی حریم رودخانه ها و آبراهه ها حتی در برخی سرشاخه ها نظیر منطقه لالون و گرمابدر
- استفاده بی رویه از آب چشمه ها برای مصارف خانگی با لوله کشی از سرچشمه ها و کور شدن منابع تغذیه آبی توده های جنگلی

وسعت اراضی مسکونی بر اساس تصاویر ماهواره ای منطقه در دو مقطع زمانی مختلف شامل تصویر ماهواره لندست ETM+ مربوط به سال ۱۹۸۸ و نیز تصویر ماهواره IRS مربوط به سال ۲۰۰۶ مربوط به محدوده مطالعاتی و براساس نقشه کاربری اراضی ۸۰۹/۴۹ هکتار افزایش داشته است. با توجه به نرخ رشد جمعیت، کارکرد تامین زیستگاه اکوسیستم های شهری با نرخ رشد ۵/۱۸ درصد به طور سالانه رشد می نماید. مساحت اراضی زراعی نیز با نرخ منفی ۱/۳۲ درصد به طور سالانه افت خواهد کرد و بالعکس مساحت اراضی باغی با نرخ ۱/۷ رشد می کند.

کارکرد منفی اکوسیستم های شهری، تولید پسماند و پساب ها می باشد. با افزایش تعداد نفوس ساکن در مناطق روستایی و یا شهری، تولید پسماندها و پساب های ناشی از وجود انسان نیز افزایش می یابد که تغییرات آنها نیز با فرض ثابت ماندن



شکل‌های (۲) و (۳): تغییرات سطوح اراضی در فاصله سالهای ۱۹۸۸-۲۰۰۶ (هکتار)

8. UN, European Commission, International Monetary Fund, organization for Economic Co-operation and Development and World Bank "Integrated Environmental and Economic Accounting 2003"

بیوگرافی

خانم زهرا مشایخی دارای مدرک کارشناسی ارشد محیط زیست از دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۶ می باشد. ایشان از سال ۱۳۸۷ با شرکت مهندسی قدس نیرو همکاری نموده اند. زمینه کاری و علاقمندی ایشان تهیه گزارش ارزیابی زیست محیطی (EIA) برای طرح های سد و نیروگاه، اقتصاد محیط زیست و ارزش گذاری کالاها و خدمات برآمده از اکوسیستم های طبیعی بوده و درچندین پروژه اقتصاد محیط زیست با سازمان محیط زیست همکاری فعال داشته اند.

Email: mashayekhi.zahra@gmail.com

الگوی مصرف با نرخ رشد جمعیت هماهنگ می باشد. فاضلاب شهرها و روستاها عمده ترین منبع آلودگی آب در منطقه بشمار می روند. عدم امکان دفع بهداشتی پساب در شهرها و روستاها و نبود سیستم های تصفیه، باعث شده است که آب مورد مصرف در شهرها و نقاط مسکونی منطقه در قالب فاضلاب های شهری به صورت مستقیم یا غیر مستقیم به رودخانه ها و دریاچه سد لتیان وارد شود. از دیگر منابع آلوده کننده منابع آب می توان به پساب های صنعتی ناشی از فعالیت کارگاه ها و کارخانجات در این منطقه نام برد.

افزایش تقاضا و هجوم سرمایه های ساکنین پایتخت، قیمت زمین و املاک را به طور چشمگیری افزایش داده و بسیاری از روستاییان مبادرت به فروش زمین های خود کرده اند. بنابراین علی رغم کاهش جمعیت ساکن منطقه، جمعیت غیر ساکن منطقه در دهه های اخیر افزایش داشته است. بسیاری از ساکنین منطقه، شهرنشینانی هستند که محل سکونت دائم خود را به بیلاقیات تغییر داده اند. توسعه شبکه بزرگراهی در تهران، افزایش ایمنی و کیفیت جاده های دسترسی و سهولت رفت و آمد از منطقه به شهر و بالعکس در زمانی بسیار کوتاه، معضل ترافیک شهری، آلودگی ها و مشکلات عدیده در شهر تهران از جمله عوامل مؤثر می باشند.

مراجع

۱. روانبخش، هومن. ۱۳۸۵. بررسی اکولوژیک جوامع درختی و درختچه ای در نیمخ جنوبی البرز مرکزی (مطالعه موردی در حوزه آبخیز لتیان)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده جنگلداری دانشگاه تهران، ۱۲۵ ص.
۲. سازمان جنگل ها و مراتع کشور، دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری، طرح جامع آبخیزداری سد لتیان. ۱۳۵۴.
۳. شرکت سهامی مدیریت منابع آب، بررسی شیوه های ارتقای مشارکت مردمی و جوامع محلی و توسعه زیرساخت ها و مدیریت اکولوژی منابع آب (حوزه ابریز سد لتیان). دانشگاه صنعتی شریف.
4. Ghoddusi, A., Ashayeri, D., Neinavaz, E., 2007. An Avifaunal Survey of the Varjin Protected Area, Alborz Mountains, Tehran, Iran. Podoces 2 (2): 97-105.
5. Bakhtiari P. & Tohidifar M. 2007. Avifauna of the Jajerud and Damavand basin, Alborz Mountains. Podoces 2(1): 61-71.
6. Darvishsefat A.A. 2006. Atlas of Protected Areas of Iran. Tehran University Press, Tehran, 157 pp. [In English-Persian]
7. Scott D.A. & Adhami A. 2006. An Updated Checklist of the Birds of Iran. Podoces 1(1/2): 1-16.

شبیه سازی رفتار ژنراتورهای القایی آسنکرون DFIG در یک نیروگاه بادی در زمان اتصال کوتاه شبکه با استفاده از نرم افزار DigSILENT

محمد رضا بیگلری

کارشناس برق (قدرت) - S.B.U انرژی

بابک حجتی

کارشناس برق (قدرت) - S.B.U انرژی

چکیده

در این مقاله سعی شده است تا رفتار گذاری ژنراتورهای القایی DFIG توربین های بادی در یک نیروگاه بادی ۱۰ مگاواتی در مدت زمان یک اتصال سه فاز متقارن کوتاه مدت که بر روی شبکه اتفاق می افتد با استفاده از نرم افزار DigSILENT ولتاژ، توان اکتیو، راکتیو، لغزش، سرعت، گشتاور توربین و ژنراتور شبیه سازی گردد و نتایج مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: ژنراتور القایی DFIG، مزرعه بادی، Digsilent، کانورتر، لغزشی

۱- مقدمه

انرژی های تجدیدپذیر^۱ شامل خورشیدی، بادی، جزرو مدی^۲، نیروگاه های برقابی^۳، کوچک، زمین گرمایی^۴، زیست توده^۵، جایگزین مناسبی برای سوخت های فسیلی در آینده می باشند. با توجه به رشد روزافزون مصرف انرژی در دنیا و محدودیت ذخایر سوخت های فسیلی و آلودگی های زیست محیطی ناشی از مصرف منابع انرژی فسیلی و تولید گازهای گلخانه ای (CO₂) استفاده از سایر منابع انرژی را ضروری می سازد در راستای بکارگیری منابع انرژی تجدیدپذیر، استفاده از انرژی باد به دلیل رایگان بودن و تجدیدپذیر بودن مورد توجه قرار گرفته است که در آینده نزدیک انرژی باد به عنوان باصرفه ترین انرژی جهت تولید برق در دنیا خواهد بود. در این میان رشد روز افزون نصب توربین های بادی که در سال ۲۰۱۰، ۳۷،۶۴۲ مگاوات توربین بادی در جهان نصب گردیده است و در مجموع ۲۴۰،۵۰۰ مگاوات تا پایان ۲۰۱۰ می باشد که ۳٪ از تولید برق جهان را تشکیل می دهد [۱].

۲- انرژی باد

از آنجائیکه باد یک پدیده تصادفی بوده و دارای سرعت متغیر و نوسان می باشد تبدیل انرژی جنبشی باد به انرژی الکتریکی دارای مشکلات و محدودیت هایی است. تولید برق نیروگاه های بادی بستگی به انتخاب مکان مناسب برای نیروگاه و محل نصب توربین ها دارد و دسترسی به شبکه برق، و قیمت زمین از نکات مهم اقتصادی این نیروگاه ها می باشد.

انرژی باد با عبور از داخل پره ها و سپس انتقال گشتاور پره ها به روتور و افزایش دور روتور توسط گیربکس باعث حرکت ژنراتور در دور نامی میگردد. در این حالت میزان توان تبدیلی به چگالی باد، مساحت ناحیه جاروب شده توسط پره و توان سوم سرعت باد بستگی دارد. به این ترتیب میزان توان قابل تبدیل از باد را می توان از رابطه (۱) بدست آورد:

$$P = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (1)$$

C_p ضریب جذب پره

ρ چگالی هوا

A طول پره = πR^2 ، R سطح توربین

V سرعت باد

بیشتر توان تولیدی توربین بادی در سرعت باد بالا می باشد که این سرعت بالا در مدت زمان کوتاهی است. در ضمن سیستم کنترلی توربین با تغییر زاویه پره ها^۶ جهت کنترل توان در زمان نوسانات شدید باد ضریب جذب پره^۷ را تغییر می دهد.

1- Renewable energies

2-Tidal

3-Hydro power

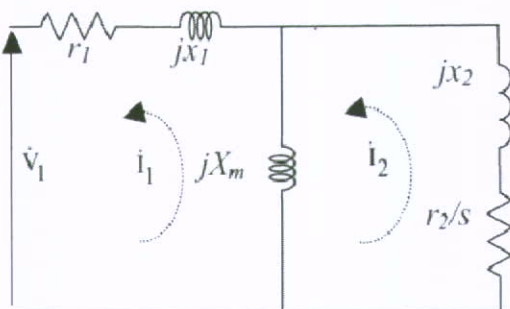
4-Geothermal

5-Biomass

6-Pitch angle

7-Power coefficient





شکل (۳): مدل ژنراتور القایی آسنکرون

$$s = \frac{n_s - nr}{n_s}, \quad (2)$$

مقاومت روتور = r_2

راکتانس روتور = X_2

مقاومت استاتور = r_1

راکتانس استاتور = X_1

راکتانس پراکندگی هسته = X_m

از میان ژنراتورهای القایی آسنکرون مدل DFIG، به عنوان ژنراتوری که روتور آن سیم پیچی شده و دارای کنترل لغزش می باشد و روتور توسط یک کانورتر به شبکه متصل است دارای کاربرد فراوانی می باشد. توان اصلی ژنراتور از طریق استاتور و قسمتی از توان بوسیله روتور توسط کانورتر^۵ و ترانسفورماتور به شبکه تزریق می گردد در ضمن این کانورتر ژنراتور را قادر می سازد که روتور توان راکتیو از شبکه جذب و یا به آن تزریق نماید. (شکل ۴)

توان کانورتر به میزان لغزش ژنراتور بستگی دارد و در حدود ۲۰٪ توان نامی آن می باشد. بوسیله کانورتر میتوان مقادیر توان اکتیو و راکتیو خروجی ژنراتور بصورت مستقل از یکدیگر کنترل نمود. کانورتر طرف رتور توان های اکتیو و راکتیو را با کنترل اجزاء جریان رتور کنترل می کند، در حالی که کانورتر طرف خط، ولتاژ طرف DC را کنترل می کند تا از عملکرد کانورتر در ضریب توان واحد (توان راکتیو صفر) اطمینان حاصل شود. با توجه به شرایط کاری درایو، توان به روتور وارد یا از آن خارج می شود. در این شرایط سنکرون توان از روتور به طرف شبکه و در شرایط زیر سنکرون، توان از شبکه به طرف رتور جاری می شود. در هر دو حالت، توان از استاتور به طرف شبکه می رود. مزایای ژنراتورهای DFIG عبارت است:

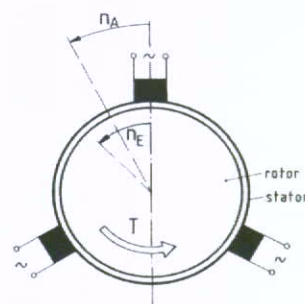
- 1-Wind farm
- 2-Doubly fed induction generator
- 3-Induction Generator
- 4-Slip
- 5-Converter



شکل (۱): نمونه یک مزرعه بادی^۱

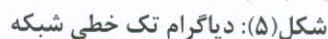
۳-ژنراتورهای القایی آسنکرون^۲:DFIG

با توجه به متغیر بودن سرعت باد استفاده از ژنراتورهای القایی در توربینهای بادی بسیار مرسوم می باشد، هنگامی که روتور ژنراتور القایی^۳ در سرعت سنکرون می چرخد، روتور نیز با همان سرعت میدان مغناطیسی ناشی از ولتاژ استاتور می چرخد و ولتاژی القاء نمی شود زیرا فلوی مغناطیسی هیچ یک از هادیها را قطع نمی کند و هیچ جریانی از سیم پیچهای روتور نمی گذرد و فقط جریان تحریک در سیم پیچهای روتور جریان می یابد. در صورتی که روتور بوسیله نیروی باد و توسط گیربکس در سرعتی بالاتر از سرعت سنکرون بچرخد، جهت ولتاژ القایی خلاف موقعی خواهد بود که بعنوان موتور القایی چرخش می کند، زیرا سرعت چرخش هادی روتور بیشتر از سرعت چرخش میدان مغناطیسی دوار استاتور می شود و واحد مثل یک ژنراتور کار می کند (شکل ۲). در حالت کار نرمال ژنراتور، لغزش^۴ آن نباید خیلی زیاد و یا کم باشد. توان مکانیکی خارجی اعمال شده توسط باد به توان الکتریکی تبدیل می شود که در سیم پیچهای روتور تولید شده و به استاتور القاء می گردد. [2][3].



شکل (۲): ژنراتور القایی [4]





ردیف	نام	مشخصات
۱	ژنراتور DFIG	$r_1=0.005 \text{ p.u}$ $X_{l1}=0.07 \text{ p.u}$ $r_2=0.016 \text{ p.u}$ $X_{l2}=0.1 \text{ p.u}$ $X_m=4 \text{ p.u}$ $S=2.5\text{MVA}$ $f=50\text{Hz}$
۲	ترانسفورماتور نوربین یادی Tr2	$Z=6\%$ $۰.۶۹/۲۰ \text{ کیلوولت}$ $S=2.5\text{MVA}-Y/\Delta$
۳	ترانسفورماتور فوق توزیع Tr1	$Z=10\%$ $۲۰/۶۳ \text{ کیلوولت}$ $S=30\text{MVA}-Y/\Delta$
۴	باسبار فشار متوسط MV	۲۰ کیلوولت
۵	باسبار فشار متوسط HV	۶۳ کیلوولت

-

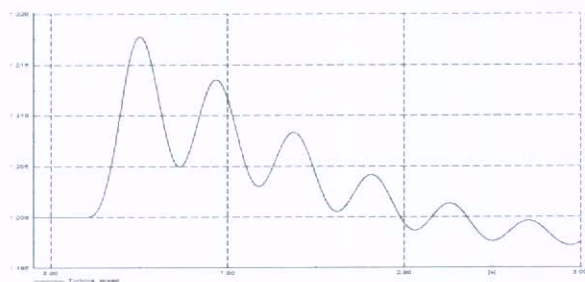
شکل (۴): مدل ژنراتور القایی DFIG در توربین بادی [3]

- (۱) داشتن توانایی کنترل بر روی توان راکتیو.
(۲) قابلیت مغناطیس شدن از طرف روتور.
(۴) قابلیت تولید توان راکتیو که به استاتور تحویل داده می‌شود. [2]

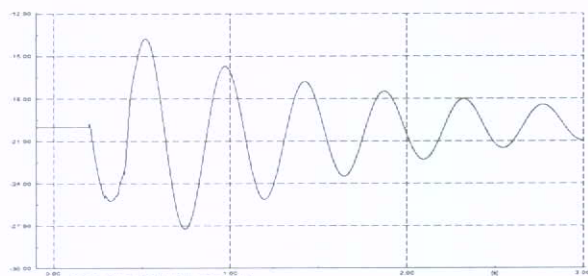
۴- بررسی اتصال به شبکه توربین های بادی

توربین‌های بادی به عنوان منابع تولید پراکنده^۱ معمولاً به شبکه توزیع فشار متوسط متصل می‌گردند و جهت راه‌اندازی نیاز به توان راکتیو دارند، که این امکان در شبکه‌های محلی وجود ندارد لذا از خازن یا جبران‌سازها با ادوات الکترونیک قدرت و یا راه‌اندازهای نرم استفاده می‌گردد[3]. از عمده مسائل مربوط به کیفیت توان^۲ در نیروگاه بادی نوسانات کوتاه مدت ولتاژ در این نیروگاهها می‌باشد، علت آن می‌تواند وجود کانورتر، گیربکس و یا خازن به عنوان جبران‌ساز توان راکتیو در لحظه راه‌اندازی و یا اتصال کوتاه باشد که در ایجاد حالت‌های گذرا^۳ نقش دارند. لذا نیروگاههای بادی با توجه به ژنراتورهای القایی و تحریک از شبکه می‌بایست در برابر نوسانات ولتاژ شبکه مخصوصاً اتصال کوتاه‌ها مورد بررسی قرار گیرند.

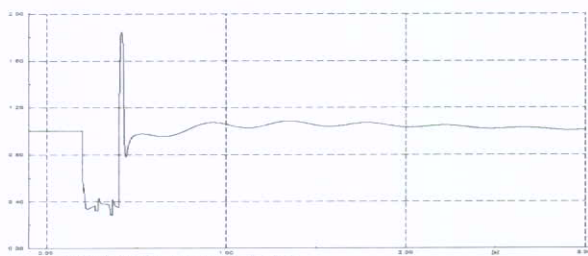
در اینجا با استفاده از نرم افزار DigSILENT یک مزرعه بادی با ۴ عدد توربین ۲.۵ مگاواتی (در مجموع ۱۰ مگاوات) طراحی شده است که ولتاژ خروجی هریک از ژنراتورها ۶۹۰ ولت و هر یک از توربینها توسط یک دستگاه ترانسفورماتور Δ/Y با نسبت تبدیل ۶۹/۲۰ کیلوولت به شبکه فشار متوسط ۲۰ کیلوولت متصل هستند و یک خط ۲۰ کیلوولت هوایی توربینها را به پست فوق توزیع ۶۳/۲۰ کیلوولت منطقه متصل می نماید. و توان تولیدی توربینها از آنجا به شبکه تزریق می گردد (شکل ۵).



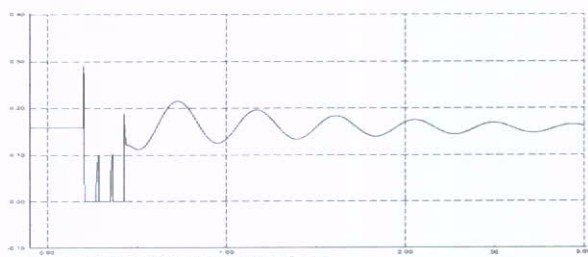
شکل (۹): نمودار زمان - سرعت توربین



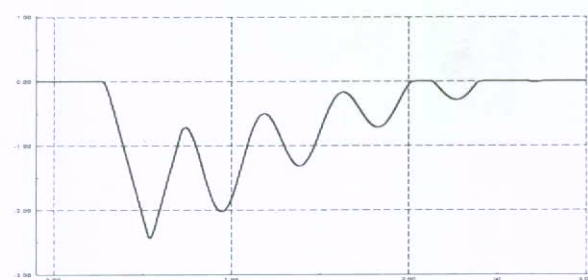
شکل (۱۰): نمودار زمان - لغزش ژنراتور



شکل (۱۱): نمودار زمان - گشتاور الکتریکی

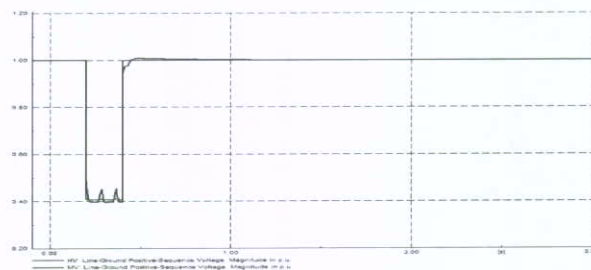


شکل (۱۲): نمودار زمان - ولتاژ روتور

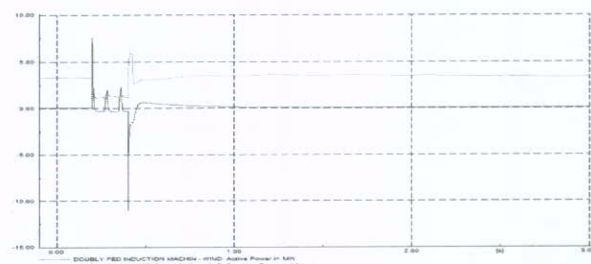


شکل (۱۳): نمودار زمان - زاویه پره

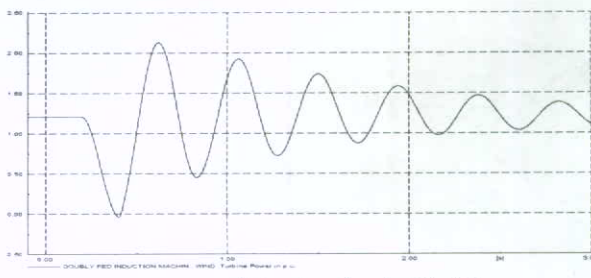
در این شبیه سازی یک اتصال کوتاه سه فاز متقارن به مدت ۲۰۰ میلی ثانیه بر روی شبکه ۲۰ کیلوولت رخ می دهد و تاثیرات آن بر روی ژنراتورهای القایی DFIG توسط نرم افزار به مدت ۳ ثانیه شبیه سازی شده است. همانطور که از نمودارهای شبیه سازی در DigSILENT مشاهده می گردد چنانچه در شبکه افت ولتاژی ناشی از اتصال کوتاه بوجود آید، (شکل ۶) و بعد از مدت زمان کوتاهی ولتاژ بازیابی گردد در این مدت زمان توان اکتیو ژنراتور القایی کاهش می یابد (شکل ۷ و ۸) و زمانیکه ولتاژ برگردد توان راکتیو زیادی جهت تولید توان اکتیو از شبکه کشیده می شود (شکل ۷). در مدت زمان اتصال کوتاه به دلیل کاهش شار هسته در ژنراتور گشتاور الکتریکی و ولتاژ القایی در روتور کاهش می یابد (شکل ۱۲) و توربین شروع به سرعت گیری می نماید (شکل ۹). با افزایش ناگهانی سرعت روتور لغزش ژنراتور نیز افزایش می یابد (شکل ۱۰). و با این افزایش سرعت روتور، سیستم کنترلی توربین زاویه پره ها را تغییر می دهد تا مقاومت بیشتری در برابر هوا ایجاد نماید و سرعت روتور را کاهش دهد (شکل ۱۱).



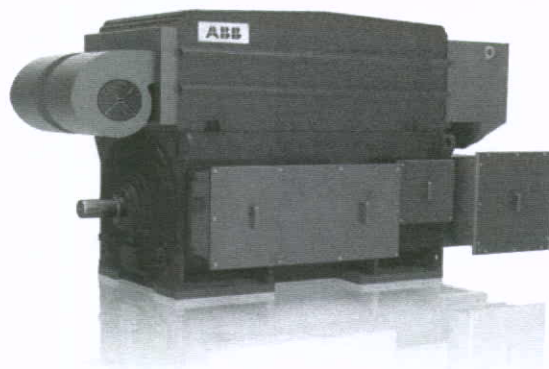
شکل (۶): نمودار زمان - ولتاژ



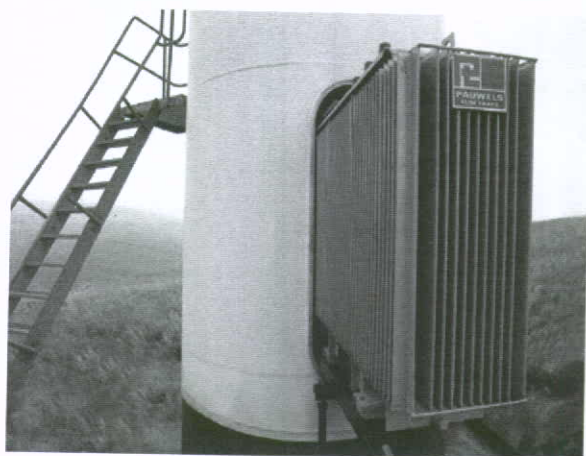
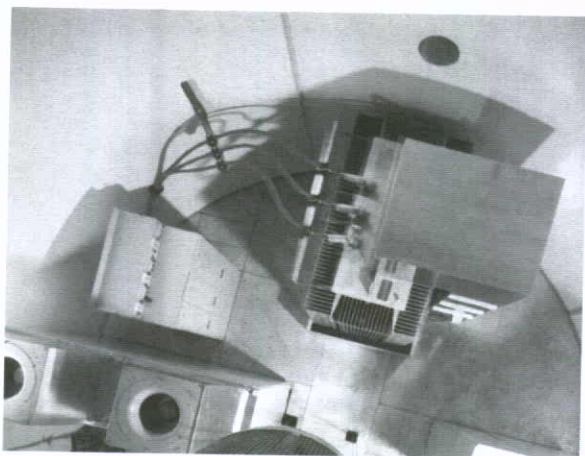
شکل (۷): نمودار زمان - توان اکتیو - راکتیو



شکل (۸): نمودار زمان - توان توربین



شکل (۱۴) ژنراتور DFIG توربین بادی ۲ مگاواتی - شرکت ABB [5]



شکل (۱۶) محل نصب ترانسفورماتور و تابلوها در داخل برج

شکل (۱۵) ترانسفورماتور افزایشدهنده ۰.۶۹/۲۰ کیلوولت



شکل (۱۷) کانورتر ژنراتور DFIG با سیستم خنک کنندگی آب - CONVERTEAM [6]

۵- نتیجه گیری و پیشنهاد

وقوع اتصال کوتاه در نیروگاههای بادی باعث کاهش ولتاژ ترمینالهای ژنراتورالقایی و در نتیجه کاهش شدید شار هسته و تحریک ژنراتور میگردد که این باعث سرعت گیری روتور توربین میگردد و بعد از رفع خطا به دلیل کشیدن جریان مغناطیسی زیاد توسط ژنراتور و مصرف توان راکتیو مجدداً باعث افت ولتاژ شبکه میگردد در این حالت سیستم های حفاظتی توربین ممکن است به دلیل این نوسانات توربین ژنراتور را از شبکه جدا نمایند. و همچنین عبور قسمتی از جریان اتصالی از مسیر کانورتر در روتور ممکن است باعث آسیب دیدگی ادوات الکترونیک قدرت $IGBT^1$ ها گردد به همین دلیل نیروگاههای بادی نسبت به سایر نیروگاهها بسیار ناپایدار هستند.[7]

- یک راه حل جهت جلوگیری از ناپایداری توربین در برابر نوسانات ولتاژ استفاده از ادوات تولیدتوان راکتیو (SVC^2) ($STATCOM^3$) برای بازیابی ولتاژ است.
- استفاده از مدارات منحرف کننده جریان (Crowbar) در مسیر روتور جهت جلوگیری از ورود جریان اتصالی به کانورتر و صدمه دیدن آن. [8][9]

مراجع:

- [1] <http://www.wwindea.org>
- [2] <http://peps.ir/power>
- [3] Wind power plant book
- [4] Wind turbines book
- [5] www.abb.com
- [6] www.converteam.com
- [7] مقالات سمینارهای تخصصی توربین بادی
- [8] Wind farm electrical system-document
- [9] Vestas documents

بیوگرافی:

آقای محمدرضا بیگلری لیسانس مهندسی برق قدرت فارغ التحصیل دانشگاه آزاد یزد با ۸ سال سابقه کار بوده که از سال ۸۸ در شرکت قدس نیرو مشغول به کار می باشد. علاقمندی ایشان بررسی سیستم های قدرت و حفاظت آنها شامل ترانسفورماتورها و موتورهای الکتریکی و طراحی سیستم های الکتریکی... و مباحث انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده می باشد.

Email: mh_big@yahoo.com

سال ۸۸ در شرکت قدس نیرو مشغول به کار می باشد. علاقمندی ایشان در مورد نیروگاههای گازی و ترانسفورماتورهای قدرت، ژنراتورها و مباحث انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده می باشد.

Email: babak.hojati1@yahoo.com



- 1- Insulated-gate bipolar transistor
- 2-Static Var Compensator
- 3-Static synchronous compensator

آقای بابک حجتی لیسانس مهندسی برق قدرت فارغ التحصیل دانشگاه آزاد بروجرد با ۴ سال سابقه کار که از

مبانی طرح سیستم HVDC

علیرضا رئیسی

مدیر گروه تخصصی خطوط انتقال نیرو - SBU شبکه

کامران رضایی

کارشناس گروه تخصصی خطوط انتقال نیرو - SBU شبکه

کلمات کلیدی: HVDC - Mono polar - Bi polar

چکیده

در این مقاله نکات کلیدی طرح یک سیستم HVDC که شامل تقابل بین سیستم DC/AC، انتخاب محل ترمینالهای مبدل، حداکثر توان DC قابل تزریق، استحکام سیستم، مدیریت توان راکتیو، تأثیرات خطا روی عملکرد سیستم و ... می باشد، مورد بررسی قرار می گیرد. همچنین آرایشهای مختلف سیستمهای HVDC با تمرکز بر ملاحظات طرح سیستم، تحلیل می شود و در نهایت اطلاعات آماری برخی از پروژه های در حال بهره برداری که توسط موسساتی همانند CIGRE انتشار یافته، برای دستیابی به راهنمایی جهت طرح یک سیستم HVDC ارائه می شود.

۱- مقدمه

شانت تامین می شود. در صورتیکه نتیجه مطالعات شبیه سازی نشان دهد که اضافه ولتاژهای دینامیک ناشی از اختلالات خلی بالا هستند، جبران سازی دینامیک توان راکتیو مثل استفاده از جبران ساز استاتیک توان راکتیو، (SVC) و یا جبران ساز سنکرون استاتیک توان راکتیو (STATCOM) مورد نیاز می باشند. همچنین برای سهولت عملیات کلیدزنی در فواصل قابل قبول و خارج کردن تعداد دلخواه فیلترها و بانکهای خازنی از سیستم این فیلترها و خازنها به بانکهایی با اندازه معقول تقسیم می شوند.

با در دست داشتن نتایج مطالعات شبکه متشکل از سیستمهای AC و DC، اولین گام جهت انتقال توان به روش HVDC طرح کلی سیستم با در نظر گرفتن تقابل بین سیستم HVDC و شبکه AC می باشد.

همچنین قابلیت اطمینان و حاشیه ایمنی سیستم از نکاتی هستند که در نهایت به مشخص شدن پارامترهای اصلی یک سیستم انتقال HVDC نظیر آرایش سیستم و مبدلهای آن می انجامد.

۲- مشخصات عملکرد سیستم HVDC

۲-۱- توان راکتیو و پایداری

خطوط انتقال HVDC کاربرد وسیعی در انتقال توان زیاد به فواصل طولانی یا انتقال توان در بدنه اصلی یک شبکه دارند؛ چراکه سیستم انتقال HVDC برخلاف سیستم انتقال AC دارای محدودیتهای مربوط به پایداری نیست و نیازی به ایستگاههای میانی کنترل ولتاژ و توان راکتیو ندارد. البته توان راکتیو در دو ایستگاه نهایی برای تامین نیاز مبدلها و فراهم ساختن محدوده ولتاژ AC مناسب ضروریست. توان راکتیو استفاده شده در هر ترمینال مستقیماً متناسب با توان انتقالی DC می باشد. این توان راکتیو، معمولاً توسط فیلترهای هارمونیک^۱ AC که همچنین وظیفه کاهش جریانهای هارمونیک AC به مقدار قابل قبول را دارند و خازنهای

۲-۲- کنترل سطح توان

بر خلاف سیستم AC، توان انتقالی سیستم DC به تغییر زاویه ولتاژ بین دو ترمینال وابسته نیست. هر چند میزان توان قابل قبول تزریق شده توسط Inverter، رابطه مستقیمی با استحکام سیستم AC گیرنده دارد.

هرچه سیستم AC قویتر باشد (قدرت جریان اتصال کوتاه بالاتری داشته باشد) توان بیشتری قابل تزریق به شبکه می باشد. این رابطه عموماً با نسبت اتصال کوتاه SCR بر حسب $MVA \text{ level}/Pd$ سنجیده میشود.

1- AC Harmonic Filters

۲-۳- خصوصیات وابسته به ولتاژ

مبدل‌های معمول HVDC که بر پایه استفاده از تایرستور بنا نهاده شده‌اند، مبدل‌های منبع جریانی^۱ به حساب می‌آیند. در این مبدل‌ها ولتاژ DC باید معکوس شود تا جهت انتقال توان نیز معکوس گردد. در چنین مبدلهایی نیاز به ولتاژ AC برای تکمیل فرایند هدایت تایرستور می‌باشد. اگر ولتاژ AC در سمت Inverter بنا به خطای متقارن یا نامتقارن به کمتر از مقدار ۹۰٪ افت کند، احتمال بروز خطا در فرایند هدایت^۲ وجود دارد. در چنین شرایطی سیستم DC ممکن است باعث برهم زدن تعادل سیستم AC گردد. پس از اینکه خطا از بین رفت، نرخ افزایش توان DC باید با ظرفیت سیستم AC در تولید توان راکتیو هماهنگ شود.

۲-۴- اضافه بار خط انتقال HVDC :

ظرفیت لازم سیستم انتقال HVDC برای تحمل اضافه بار از نکات حائز اهمیت می‌باشد. بر پایه ضوابط NERC خاموشی یک قطب از دو قطب یک خط انتقال HVDC^۳ دوقطبی^۳، هم ارز با خاموشی یک مدار سه فاز AC می‌باشد. جهت انتقال توان‌های زیاد به روش HVDC نیاز به مطالعه شبکه AC در نقاطی که مبدل‌های HVDC قرار خواهند گرفت می‌باشد. اگر سیستم HVDC داخل یک سیستم AC سنکرون (با فرکانس‌های برابر) باشد، ظرفیت شبکه AC با ظرفیت اضافی خطوط AC موازی و قطب باقیمانده DC باید مورد توجه قرار گیرد.

در صورتیکه سیستم HVDC دو شبکه با فرکانس‌های متفاوت را به هم متصل کند ظرفیت اضافه بار داخلی قطب یا قطب‌های سالم حائز اهمیت می‌شود.

معمولاً طراحی خطوط HVDC به نحوی انجام می‌شود که خطوط تحمل دو برابر جریان نرمال را در شرایط اضطراری برای مدت معینی داشته باشند. این ظرفیت اضافی با در نظر گرفتن هادی‌هایی با ظرفیت اضافه‌تر و افزایش مقاومت مکانیکی خطوط ایجاد می‌گردد. باید این نکته را مورد توجه قرار داد که وضعیت اضافه بار تنها در مدت زمان کوتاهی اتفاق می‌افتد و دائمی نیست. به طور کل ضوابط زیر در طراحی خطوط HVDC باید مدنظر قرار گیرد:

- خطوط انتقال HVDC با در نظر گرفتن تأثیر پدیده کرونا طراحی می‌شوند و این امر به انتخاب هادی‌هایی با سطح مقطع بیشتر و یا استفاده از بانددل منتهی می‌شود؛ در نتیجه عموماً ظرفیت خالی برای تحمل اضافه بار در بازه‌های زمانی کوتاه وجود دارد و ممکن است گاهی این ظرفیت خالی تا دو برابر جریان نرمال نیز باشد.

- فواصل مجاز هادی با زمین باید با توجه به جریان اضطراری عبوری در حالت اضافه بار تعیین گردند. چراکه

این جریان اضافی سبب گرم شدن هادی و در نتیجه افزایش فلش هادی می‌گردد.

۲-۵- اضافه بار ایستگاه‌های مبدل

ظرفیت تحمل اضافه بار توسط خط انتقال زمانی به کار می‌آید که با ظرفیت مبدل‌ها هماهنگ باشد. بنابراین لازم است که ملزومات اضافه بار موقت را برای ایستگاه‌های مبدل در نظر گرفت و در نتیجه هزینه‌های اضافی متناظر با این ملزومات را به حساب آورد.

- ترانسها : ۱۰ تا ۱۵ درصد اضافه بار مداوم را بدون نیاز به هزینه اضافی تحمل می‌کنند و اجزای آنها در این حین دچار فرسودگی بسیار کمی می‌شوند.

- Valve ها : تحمل اضافه بار تا ۱۰٪ به مدت کوتاهی (مثلاً دو ساعت) بدون نیاز به هزینه اضافی امکان‌پذیر است. (با فرض اینکه خنک‌کننده‌های اضافی موجود باشند یا دمای محیط کمتر از ۳۰ درجه سانتی گراد باشد).

- تحمل اضافه بار ۳۳ درصدی با هزینه پایین قابل دسترسی می‌باشد. این امر با در نظر گرفتن حاشیه اضافی برای جریان قابل تحمل Valve ها میسر می‌شود.

- اضافه بار گذرا (مثلاً ۳۳٪ به مدت ۵ ثانیه) بدون هزینه اضافی قابل دستیابی می‌باشد. این امر می‌تواند در تعدیل توان HVDC و در نتیجه افزایش پایداری سیستم AC به کار رود.

- فیلترها : اگر ظرفیت اضافه بار برای پوشش دادن خاموشی یک قطب مبدل بکار رود، در آن صورت فیلترهای مربوط به قطب خاموش تامین توان راکتیو بر روی قطبی که اضافه بار را تحمل می‌کند به کار می‌رود.

مسلماً هر ظرفیت اضافی با متحمل شدن هزینه‌های آن قابل دستیابی است. جدول (۱) برخی از اطلاعات مربوط به اضافه بار تحمیل شده در پروژه‌های مختلف HVDC را نشان می‌دهد.

۳- آنالیز AC/DC

یکی از مفاهیم اساسی در هنگام آنالیز رفتار یک سیستم AC/DC در حالت پایدار، منحنی حداکثر توان^۴ می‌باشد که مربوط به حداکثر توان DC می‌باشد که می‌تواند به شبکه گیرنده با عملکرد پایدار تزریق شود. مفاهیم توضیح داده شده در این قسمت بر پایه گزارش CIGRE^۱ می‌باشد.

- 1- Current Sourced Converter (CSC)
- 2- Commutation
- 3- Bipolar
- 4- Maximum Power Curve



جدول (۱): نرخ اضافه بار پروژه های HVDC

نرخ اضافه بار برخی از طرحهای HVDC					
پروژه	توان MW	اضافه بار کوتاه مدت		اضافه بار بلند مدت	
		مدت زمان	پریونیت	مدت زمان	پریونیت
Rihand-Dadri	۱۵۰۰	۵ ثانیه	۱/۳۳	۲ ساعت	۱/۱
Vindhyachal	۵۰۰	۵ ثانیه	۱/۲	۲ ساعت	۱/۱
Intermountain	۱۶۰۰	۱ ثانیه	۲	مداوم	۱/۵
Gesha	۱۲۰۰	۱۰ ثانیه	۱/۲۵	۲ ساعت	۱/۱
Itaipu	۳۱۵۰	۵ ثانیه	۱/۲۵	۲۰ ثانیه	۱/۱۵
Tian Guang	۱۸۰۰	۳ ثانیه	۱/۵	مداوم	۱/۱
Three Gorges-Ghangzhou	۳۰۰۰	۵ ثانیه	۱/۵	۲ ساعت	۱/۱۳
Three Gorges-Guangdong	۳۰۰۰	۵ ثانیه	۱/۵	۲ ساعت	۱/۱۳
Thailand - Malaysia	۳۰۰	۱۰ دقیقه	۱/۵	-	-

منجر به تغییرات قابل توجه ولتاژ شود که این امر نیازمند استراتژیهای کنترلی خاص می باشد. برای مثال کنترل دینامیک توان راکتیو توسط جبران ساز استاتیک (SVC) یا جبران ساز سنکرون استاتیک (STATCOM) در باس AC و یا نزدیکی ایستگاه HVDC

۳-۲- حداکثر توان DC تزریقی

محاسبات سطح توان DC تزریقی به شبکه AC موجود یا شبکه AC طرح شده در آینده بدون اینکه موجب تاثیرات نامطلوب در عملکرد سیستم گردد از مسائل مهم طرح یک سیستم DC می باشد. این مفهوم با منحنی حداکثر توان (MPC) قابل توجیه می باشد.

شکل های (a) و (b) نشان دهنده MPC برای دو مقدار متفاوت SCR می باشند. منحنی MPC یک سیستم AC/DC از نتایج محاسبات پخش بار بدست می آید.

در شکلهای (a) و (b) مقادیر ولتاژ AC، موقعیت TAP و زاویه آتش ثابت نگهداشته می شوند در حالیکه جریان DC (I_d) به آهستگی تغییر می کند.

شکل (1a) که در آن $SCR=3/5$ است بیانگر عملکرد مطمئن سیستم می باشد. نقطه عملکرد با توجه به ولتاژ AC و جریان DC در مقادیر نامی بدست می آید. MPC در جریان DC $1/5 p.u$ به حداکثر مقدار خود می رسد یعنی یک حاشیه کنترل از جانب سیستم DC برای کمک به سیستم AC وجود دارد که در صورت لزوم از آن استفاده می شود. نقطه عملکرد در سمت چپ نقطه حداکثر منحنی توان قرار دارد. بنابراین توان DC بیشتری از مقدار تعیین شده می تواند به سیستم تزریق شود و یا به عبارتی سیستم AC توانایی ذاتی جذب توان بیشتری از شاخه DC را دارد.

۳-۱- تاثیر استحکام سیستم AC

مقدار توان قابل تزریق به یک سیستم AC توسط یک رابط DC عموماً به توانایی سیستم AC در تامین توان راکتیو برای Inverterها در حالیکه ولتاژ AC برای هدایت باس Inverter را فراهم می سازد، بستگی دارد. در صورتیکه سیستم AC ضعیف باشد، هنگامیکه نسبت اتصال کوتاه (SCR) پایین (کمتر از ۲) است، احتمال ناپایداری ولتاژ در سیستم HVDC وجود دارد. از این وقوع احتمال می توان با روش جبران سازی دینامیک توان راکتیو (استفاده از SVC و STATCOM) جلوگیری نمود.

خازنها و فیلترهای AC متصل به باس AC سطح جریان اتصال کوتاه را کاهش می دهند. اصطلاح "نسبت موثر جریان اتصال کوتاه" یا ESCR در واقع بیانگر جریان اتصال کوتاه کاهش یافته توسط توان راکتیو تامین شده از بانکهای خازنی و فیلترهای AC متصل به باس AC می باشد که در ولتاژ ۱ پریونیت و توان نامی به کار می رود.

هر چه مقدار ESCR یا SCR پایین تر باشد تاثیرپذیری متقابل بین سیستم HVDC و شبکه AC بیشتر است. شبکه های AC را می توان از لحاظ استحکام به سه دسته زیر تقسیم کرد:

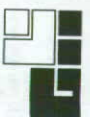
- شبکه های مستحکم با ESCR بالا : $ESCR > 3$

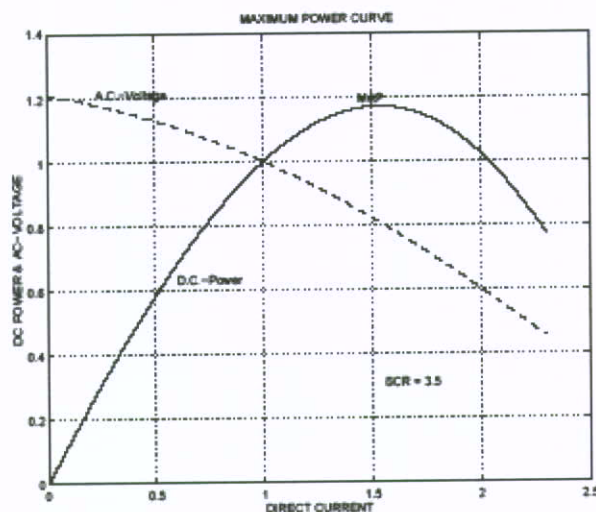
- شبکه هایی با ESCR پایین : $2 < ESCR < 3$

- شبکه های ضعیف با ESCR خیلی پایین : $ESCR < 2$

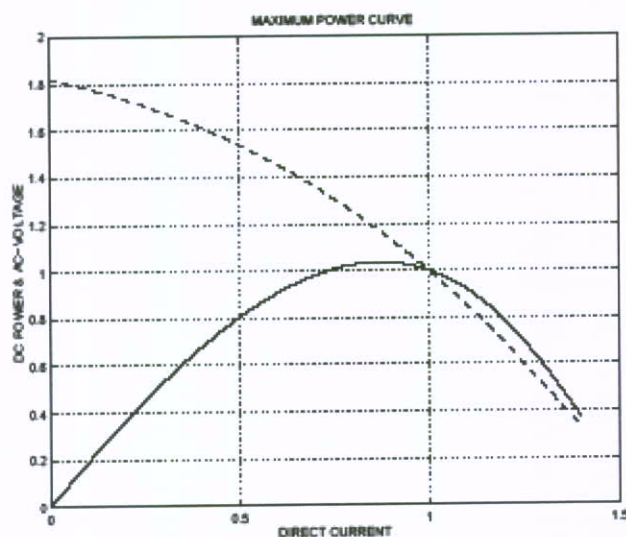
در شبکه هایی با ESCR بالا تغییرات توان اکتیو و راکتیو از جانب ایستگاه HVDC منجر به تغییرات کم و معتدل ولتاژ AC می گردد. بنابراین معمولاً تمهیدات اضافی برای کنترل ولتاژ AC لازم نیست. در این حالت تعادل توان اکتیو/راکتیو بین شبکه AC و سیستم HVDC با عملیات مناسب کلید زنی عناصر تامین کننده توان راکتیو قابل دستیابی می باشد.

در صورتیکه سیستم دارای ESCR پایین و یا خیلی پایین باشد، تغییرات در شبکه AC یا در سیستم انتقال HVDC ممکن است





شکل (1a): منحنی‌های حداکثر توان (MPC) و ولتاژ AC بر حسب تابعی از جریان DC، $SCR=3/5$ (منحنی ولتاژ AC با نقطه چین رسم شده است)



شکل (1b): منحنی‌های حداکثر توان (MPC) و ولتاژ AC بر حسب جریان DC، $SCR=1/5$

۳-۳- خطاهای هدایت

هنگامیکه یک پل مبدل به عنوان Inverter در سمت گیرنده سیستم DC عمل می‌کند، هر valve هنگامی خاموش می‌شود که جریان مستقیم هدایتی آن صفر شود و ولتاژ در دو سر valve منفی باقی بماند. مدت زمانی که valve در بایاس منفی باقی می‌ماند به زاویه آتش γ معروف است (مدت زمانی که بعد از آن valve به بایاس مستقیم می‌رود). valve ایده آل بدون پالس آتش، حتی اگر در بایاس مستقیم قرار گیرد، هدایت نمی‌کند و مسدود است. برای اینکه valve بتواند در بایاس مستقیم مسدود باقی بماند لازم است شارژهای داخلی ذخیره شده که در طول زمان هدایت به وجود می‌آیند، از بین بروند.

از طرفی شکل b با $SCR=1/5$ بیانگر این است که توان DC بیشتری از آنچه سیستم AC می‌تواند آنرا جذب کند به سیستم AC تزریق گردیده است. نقطه عملکرد ولتاژ AC و جریان DC با مقادیر تعیین شده در سمت راست نقطه ماکزیمم منحنی قرار دارد. در این حالت بسته به اینکه سیستم DC در حالت کنترلی با جریان ثابت است یا توان ثابت، عملکرد سیستم غیرکاربردی یا ناپایدار خواهد بود. در این شرایط SCR سیستم می‌تواند توسط تجهیزات دینامیک تامین‌کننده توان راکتیو و یا از طریق کاهش امپدانس سیستم AC با استفاده از خازن جبران ساز سری، بهبود داده شود.

بنابراین Inverter به یک حداقل دوره بایاس منفی یا حداقل زاویه آتش (γ) نیازمند است تا عملیات مسدود شدن در بایاس مستقیم با موفقیت انجام شود. اگر valve نتواند در بایاس مستقیم مسدود باقی بماند و هدایت بدون پالس آتش آغاز شود، خطای هدایت اتفاق می‌افتد.

خطای هدایت^۱ زمانی اتفاق می‌افتد که کاهش ناگهانی ولتاژ AC در ترمینال Inverter رخ دهد. این امر سبب کاهش محدوده ولتاژی - زمانی لازم برای هدایت بین Valve ها و همچنین کاهش محدوده ولتاژی - زمانی لازم برای رفتن Valve ها به حالت مسدود یا Block (بازه Recovery Charge) می‌شود.

تأثیر خطاهای هدایتی از دیدگاه سیستم AC در شکل (۲) نشان داده شده است. در این حالت Inverter اتصال کوتاه می‌شود (از تغذیه توان باز می‌ماند مثلاً: ولتاژ DC و ولتاژ AC، Valve صفر می‌شود) و تا زمانی که علت این اتصال کوتاه برطرف نشود مجدداً شروع بکار نمی‌کند (تا وقتی که ولتاژ سیستم AC دوباره به حد موردنظر برسد).

در سال ۱۹۹۰ موسسه CIGRE مطالعات جالبی را با آنالیز مکانیزم خطاهای هدایتی انجام داد که در زیر به اهم نتایج آن اشاره می‌کنیم:

دلایل اصلی خطاهای هدایتی (c.f) موارد زیر هستند:

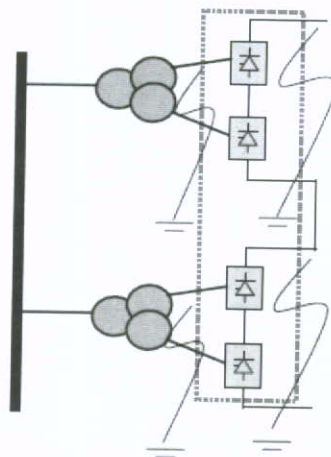
- افت ناگهانی ولتاژ AC

- تغییر ناگهانی زاویه ولتاژ AC

تغییر ولتاژ (اندازه و زاویه) که منجر به c.f در شرایط ایده آل پایدار می‌شود توسط رابطه (۱) نشان داده می‌شود:

$$\Delta V = 1 - \left[\frac{I_d}{I_d} \left(\frac{X_{cpu}}{X_{cpu} + \cos(\gamma_0 + \phi) - \cos \gamma} \right) \right] \quad (1)$$

در حالیکه:



شکل (۲): اثر خطای هدایت بر روی ولتاژهای AC و DC

I_d و I_d' جریانهای DC قبل از وقوع خطا و پس از وقوع خطا هستند.

X_c راکتانس هدایت است. (با فرض وجود یک منبع ولتاژ ایده آل در پشت ترانس)

γ : زاویه هدایت (آتش) بحرانی و γ' زاویه آتش بعد از وقوع خطا می‌باشد.

ϕ مقدار تغییر (شیفت) زاویه ولتاژ است. (برای خطاهای نامتقارن مفهوم دارد و برای خطاهای متقارن برابر صفر است).

معادله فوق را می‌توان یک معادله عمومی در نظر گرفت که در آن هنگام کاهش متقارن ولتاژهای سه فاز، ϕ (تغییر یا شیفت زاویه) صفر خواهد بود. در تئوری تفاوت اصلی میان خطاهای سه فاز و تکفاز در جابجایی نامتقارن زاویه ولتاژ نسبت به نقطه صفر در خطاهای تکفاز می‌باشد.

سه پارامتر زیر بر روی احتمال رخداد خطای هدایتی (c.f) موثرند:

- X_c ، امپدانس سیستم دیده شده از مبدل

- ΔI_d یا افزایش جریان DC متأثر از افت ولتاژ؛ که این امر می‌تواند توسط راکتور L_d کنترل شود.

- زاویه آتش γ

هر چه مقدار توان DC انتقالی بیشتر باشد خطاهای هدایتی اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند و قابلیت اطمینان و ایمنی سیستم را تحت

تأثیر بیشتری قرار می‌دهند. اگر احتمال وقوع خطاهای هدایتی با

لحاظ کردن پارامترهای کلیدی در طراحی کاهش داده شود، تأثیر

کلی آن روی سیستم AC بسیار مطلوب خواهد بود.

در بین پارامترهای تأثیرگذار، طراحی X_c و L_d به نحوی که به

تنهایی در کاهش احتمال بروز خطاهای هدایتی موثر باشند وجود

ندارد. (به دلیل اینکه مسائل اقتصادی در تعیین مشخصات آنها

دخیل هستند). بنابراین زوایای آتش (γ) بزرگتر و در نتیجه Valve هایی با ظرفیت بیشتر باید مدنظر قرار گیرد. اندازه متداول زاویه آتش (γ) در Inverter ها برابر با ۱۸ درجه می باشد که با افزایش این مقدار به ۲۵ تا ۳۰ درجه و یا حتی بیشتر احتمال بروز خطاهای هدایتی کاهش می یابد. هرچند این کاهش احتمال بروز خطا به بهای افزایش نیاز Inverter به توان راکتیو تمام خواهد شد.

۴-۳- انتخاب محل ترمینال Inverter

سیستم AC متصل به ترمینال Inverter باید از استحکام کافی برخوردار باشد تا بتواند ولتاژ AC را تحت شرایط مختلف تامین نماید. بنابراین مطالعات زیر باید انجام شود:

- افت ولتاژ در ترمینال Inverter در حین بروز خطا برای آرایشهای مختلف سیستم و سناریوهای متفاوت.
- ترسیم منحنی Q-V (توان راکتیو - ولتاژ) در سمت AC ترمینال تحت آرایشهای مختلف سیستم.
- ملاحظات فنی - اقتصادی برای مدیریت توان راکتیو با فراهم ساختن فیلترها یا خازنها و یا تغییر سیستم باید مورد بررسی قرار گیرد. منحنی Q-V در آنالیز و تعیین مقدار توان راکتیو لازم در ترمینالها مورد استفاده قرار می گیرد.
- ملزومات تجهیزات دینامیک جریان سازی توان راکتیو و خازنهای سری جریان ساز باید مورد بررسی قرار گیرند.

۵-۳- مطالعات پیرامون ترمینال رکتیفایر

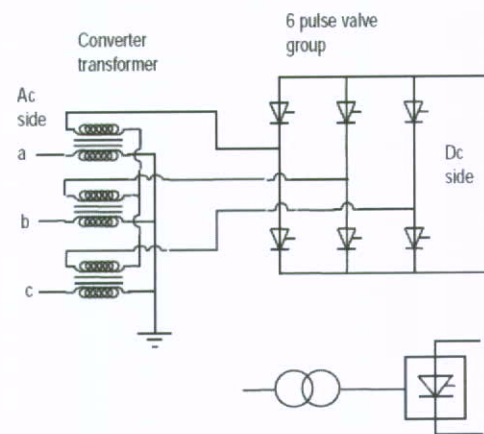
در هنگام مسدود شدن توان DC احتمالاً مقادیر زیادی فیلتر/خازن ممکن است در مدار برای مدت زمان معینی باقی بمانند و این امر منجر به ولتاژ AC بالا خواهد شد. این امر ممکن است حتی روی ژنراتورهای نزدیک نیز موثر باشد و سبب تحریک خود به خودی آنها (Self Excitation) گردد. این مسئله باید مورد توجه قرار گیرد، بخصوص در مواقعی که مسیر الکتریکی موازی موجود نیست.

۶-۳- مدیریت توان راکتیو برای سیستم AC موازی:

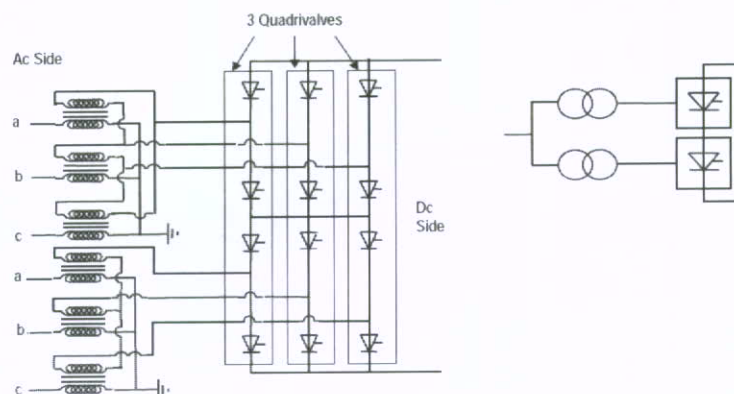
در صورت خاموشی یک قطب یا دو قطب از سیستم و یا مسدود شدن توان DC، توان به سیستم AC موازی منتقل می شود. برای تامین ایمنی سیستم، جریان سازی راکتیو هم بصورت استاتیک و هم بصورت دینامیک باید در سیستم AC مورد مطالعه قرار گیرد.

۴ - آرایشهای متفاوت مبدلها

واحد اصلی یک ایستگاه مبدل HVDC پل مبدل ۶ پالسی می باشد. برای کاهش تعداد فیلترها در طرف AC و DC دو مبدل ۶ پالسه، که هر یک دارای دو آرایش اتصالی متفاوت ترانسفورماتور هستند، با هم ترکیب شده و یک مبدل ۱۲ پالسی ایجاد می شود.



شکل (۳): مبدل ۶ پالسی و علامت الکتریکی آن



شکل (۴): مبدل ۱۲ پالسی و علامت الکتریکی آن

۱-۴- آرایش سری مبدلها

برای مثال در شکل (۵ a) آرایش سری Valve های ۱۲ پالسی 400kv نشان داده شده است. اگر فرض کنیم اندازه کل ترانسفورماتورها 3600MVA برای کنترل توان 3000MW DC باشد. از مزایا و معایب آرایش فوق می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- سهولت در جابجایی و حمل و نقل ترانسها.
- یک گروه از Valve ها تنها برای ولتاژ 400kv ایزوله می شوند.
- اگر یکی از پلهای ۱۲ پالسه قطع شود، نیمی از توان قطب کماکان با جریانهای متعادل بین دو قطب (بدون مسیر برگشت زمین) قابل انتقال می باشد. هر چند سطح ولتاژ به نصف مقدار نامی می رسد و تلفات افزایش خواهد یافت. در برخی کشورها برای عبور جریان بالا از طریق زمین در زمان طولانی محدودیت وجود دارد؛ هر چند در برخی کشورها نیز سیستمهای تک قطبی با جریان بالای دائمی زمین ساخته شده است. در مواقعی که محدودیتی برای جریان زمین وجود دارد، آرایش سری یک مزیت است چراکه هر دو قطب در صورت خارج بودن یک مبدل از سیستم می توانند با جریان حداکثر عمل کنند بدون اینکه منجر به ایجاد جریان زمین شوند.
- برای فواصل طولانی، اجرای ابتدایی ولتاژ 400kv بدلیل تلفات زیاد عملی نیست. بنابراین عملیات نصب در حالت توان کامل همزمان انجام می شود. این آرایش برای پروژه هایی که به چند فاز با توانهای مختلف تقسیم می شوند مطلوب نیست چراکه ولتاژ در فازهای ابتدایی پایین تر از سطح ولتاژ در فاز آخر می باشد و این امر تلفات را بالا می برد.
- در هر ایستگاه نیاز به ۴ واحد یدکی می باشد مگر اینکه پیش بینی هایی صورت پذیرد تا واحدهای 600kv و 800kv طوری ساخته شوند که در فضای مابین واحدهای 200kv و 400kv جا داده شوند.

- حاشیه اضافه بار با توجه به محدودیتهای موجود در خصوص تانسورهای موجود در جهان محدود می باشد (این محدودیت برای ولتاژهای بالا نظیر ۸۰۰± کیلوولت بیشتر جلوه پیدا می کند و برای ولتاژهای پایین تر این حاشیه اضافه بار از چنین محدودیتی برخوردار نیست).

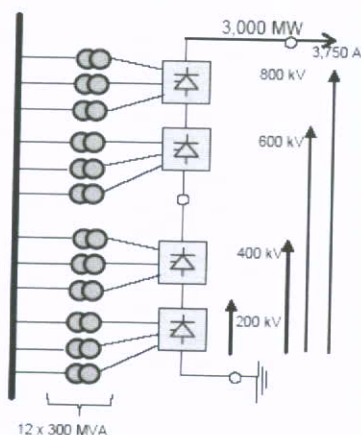
۲-۴- مبدلهای موازی:

- مطابق شکل (۵ b) در آرایش موازی تمامی valve های مبدل ۱۲ پالسی برای سطح ولتاژ 800kv ایزوله خواهند شد. مزایا و معایب این آرایش به شرح زیر می باشد :
- تنها ۲ ترانسفورماتور یدکی برای هر ایستگاه لازم است. (حداقل)
 - در نبود یک مبدل، عملکرد سیستم کماکان در سطح ولتاژ 800kv با نیمی از توان در قطبی که مبدل آن از مدار خارج است صورت می پذیرد. هر چند در این حالت نیز به دلیل عدم تعادل جریانها از مسیر برگشت زمین جریان عبور می کند. از روش Metallic Return نمی توان در این حالت استفاده نمود مگر اینکه مبدل موازی با پلاریته مشابه از سیستم خارج شود.
 - اگر عبور جریان از طریق زمین در حین از دست رفتن یک مبدل ۱۲ پالسه قابل قبول باشد، (همچنین مبدلها توانایی تحمل ۲۳٪ اضافه بار را داشته باشند) سه مبدل ۱۲ پالسه باقیمانده توانایی تحمل کل بار (Full load) را خواهند داشت.

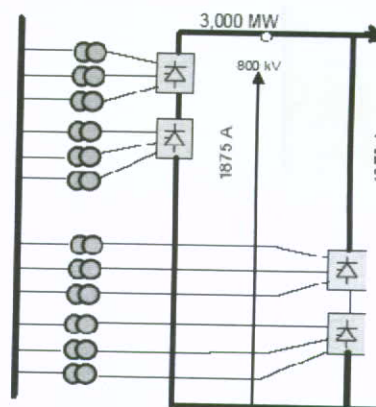
۵- شاخصهای آماری، مسائل دوران بهره برداری و قابلیت

اطمینان HVDC

تکنولوژی HVDC از جمله زمینه هایی می باشد که تدابیر سیستماتیک به منظور ثبت شاخصهای آماری هر طرح در حین دوران بهره برداری صورت گرفته است.



شکل (۵ b): آرایش سری Valve های ۱۲ پالسی 400kv



شکل (۵ a): آرایش موازی Valve های ۱۲ پالسی 400kv

از سال ۱۹۷۰ CIGRE ADVISORY GROUP AG در کمیته مطالعات B4 (تجهیزات HVDC و الکترونیک قدرت) گزارشات سالانه ای از اکثر پروژه‌های HVDC در دست دارد. در این بخش به مهمترین وجوه این شاخصهای آماری پرداخته می شود تا راهنمایی برای طراحان سیستم فراهم شود.

۱-۵- شاخصهای آماری طرحهای تجاری

شاخصهای آماری :

۱. خطوط انتقال

۲. مبدلها و Valve ها

برای پروژه‌های FURNAS - Itaipu 600KV در برزیل و Three Gorges-Guangdong و Three Gorges-Changzhou در کشور چین ارائه می شود.

با توجه به شاخصهای آماری CIGRE جدول زیر بیانگر میزان در دسترس بودن انرژی بر پایه میانگین انرژی قابل دسترس با احتساب ترانسهای مبدل و بدون احتساب ترانسهای مبدل می باشد.

- باید توجه داشت که خطاها در تمامی پروژه‌ها رخ

نمی دهند. از طرفی ممکن است در طرحی میزان تمرکز این خطاها زیاد باشد.

- چهار طرح از پنجاه طرح HVDC دارای نرخ تمرکز خطای ۶۵٪ می باشند.

- خطاهای رویت شده دارای علت‌های متفاوتی هستند و علت اصلی و عمده‌ای وجود ندارد. (عوامل مکانیکی، مقره‌ها، محافظها و شیلدهای استاتیک و Tap-Changer)

- اکثر خطاها در طرحهایی با ولتاژهای بالاتر و توانهای بیشتر مشاهده شده‌اند. البته خطاها لزوماً تنها در واحدهایی که بالاترین سطح ایزولاسیون را دارند اتفاق نمی افتد.

- ظاهراً خطاها بیشتر مربوط به واحدهایی با سطح توان بیشتر هستند.

از اطلاعات بدست آمده از پروژه FURNAS-Itaipu، زمان متوسط تعمیر خط انتقال در حدود 0/6 ساعت برای هر رخداد گزارش گردیده است.

جدول زیر بیانگر تعداد خاموشی های خط انتقال FURNAS-Itaipu در کشور برزیل می باشد.

تعداد خاموشیهای مستمر متوسط سالیانه با توجه به جدول (۳) کمتر از ۱ می باشد. این رخدادها از لحاظ قابلیت اطمینان و مطالعات طرح سیستم، حائز اهمیت هستند. از اطلاعات فوق می توان به این نتیجه رسید که زمان متوسط خاموشی اجباری یک خط انتقال DC کمتر از یک ساعت در سال است. این اطلاعات آماری هم به خاموشیهای Mono polar (تک قطبی) باز می گردد و هم به خاموشیها Bi polar (دوقطبی). خاموشیهای Bi polar بسیار کمتر از خاموشیهای Mono polar هستند. خاموشیهای Bi polar (که با * مشخص شده اند) تنها زمانی رخ می دهند که یک برج سقوط

کند. اکثر خطاها در خطوط انتقال DC خطاهای Mono polar هستند. همچنین هیچگاه دیده نشده است که صاعقه به هر دو قطب برخورد کند. در ارتباط با خاموشیهای ناشی از صاعقه، مبدلها به سرعت خطا را فرو می نشانند و در مدت 100 تا 200 میلی ثانیه مجدداً شروع بکار می کنند. معمولاً سه شروع مجدد صورت می پذیرد و سومین شروع مجدد در سطح ولتاژ کاهش یافته است. اشاره به این نکته نیز مهم است که بر خلاف خطوط AC در صورت صدمه دیدن ایزولاسیون خط حتی در هر دو قطب، خط انتقال می تواند تحت ولتاژ کاهش یافته به عملکرد خود ادامه دهد. این کاهش ولتاژ با تنظیم زاویه تاخیر^۱ و موقعیت Tap-Changer انجام می گردد.

برای خطوط HVDC با ولتاژ بالا مثلاً 800 ± کیلوولت، یک رخداد در طول سال و زمان تعمیر یک ساعت می تواند قابل قبول باشد و به عنوان مرجع در داده‌های قابلیت اطمینان خط انتقال استفاده گردد. داده‌های آماری دیگر مربوط به پروژه‌های HVDC در کشور چین هستند. جدول (۴)

جدول (۵) مقدار خاموشیهای یک ایستگاه مبدل را نشان می دهد، این مقادیر می توانند به عنوان مبنای طراحی یک سیستم HVDC با ولتاژ بالا به کار روند.

مهمترین نکاتی که طراحان سیستم باید به آن توجه کنند موارد زیر می باشند:

- سیستم HVDC چه نقشی را می تواند برای سیستم AC ایفا کند؟ آیا این سیستم نقش تامین توان را دارد (MW based)، مثلاً یک نیروگاه را به شبکه متصل می کند، یا نقش اتصال دهنده دو شبکه انرژی را؟ (MWh based). برای هر کاربرد، قابلیت اطمینان متفاوتی مدنظر خواهد بود که بر روی طراحی سیستم HVDC موثر است.

- سیستم HVDC چگونه ممکن است تاثیر نامطلوب بر روی سیستم AC، بگذارد.

- سیستم HVDC خصوصیات متفاوتی را نسبت به HVAC به شبکه وارد می کند.

خصوصیات مطلوب و نامطلوب سیستم HVDC شامل موارد زیر می شود :

- خصوصیات فنی مطلوب: دقت بالا، سرعت، تغییرات زیاد در توان به دلیل خاصیت تطبیق پذیری آن امکان پذیر است.

- خصوصیات فنی نامطلوب: کل توان HVDC می تواند با افت ناگهانی مقدار زیاد ولتاژ AC به مدت زمان بیشتری مختل گردد.

۶- از دست رفتن بلوکهای عظیم توان

خاموشی سیستم HVDC روی دو ترمینال به طریق متفاوتی تاثیر می گذارد. در رکتیفایر این امر بصورت عدم پذیرش بار جلوه پیدا می کند و احتمالاً موجب شتاب گرفتن سرعت ژنراتور و افزایش



جدول (۲): آمار کلی پروژه های HVDC با در نظر گرفتن خاموشیهای ترانس و بدون در نظر گرفتن خاموشیهای ترانس

الف : ۹۸/۵ % ب : ۹۹/۵ %	در دسترس بودن انرژی پروژه های HVDC در طول ۱۰ سال الف) عملکرد کلی ب) بدون در نظر گرفتن خطاهای ترانسفورماتور
۰/۵ % (دسترسی ۹۹/۵ %)	عدم دسترسی اجباری
۱/۰ %	عدم دسترسی برنامه ریزی شده

جدول (۳): تعداد خاموشیهای خط انتقال FURNAS - Itaipu

Itaipu HVDC ±600 kv	Bipole 1						Bipole 2					
	P1- گذرا کاهش ولتاژ مستمر			P2+ گذرا کاهش ولتاژ مستمر			P3- گذرا کاهش ولتاژ مستمر			P4+ گذرا کاهش ولتاژ مستمر		
1993	۰	۱	۰	۸	۱	۲	۲	۰	۳	۲	۰	۰
۱۹۹۴	۳	۰	۳	۳	۰	۱	۱	۲	۳	۳	۰	۱
۱۹۹۵	۴	۰	۰	۳	۰	۱	۰	۰	۰	۳	۱	۰
۱۹۹۶	۳	۰	۰	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۵	۰	۰
۱۹۹۷	۵	۲	۵	۰	۰	۱	۰	۰	*۱	۲	۰	*۱
۱۹۹۸	۲	۱	۰	۴	۲	۲	۰	۰	*۱	۱	۰	*۱
۱۹۹۹	۲	۰	۰	۳	۰	۰	۲	۰	۱	۲	۰	۱
۲۰۰۰	۵	۰	۱	۷	۰	۱	۲	۰	۰	۳	۰	۰
۲۰۰۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱
۲۰۰۲	۰	۰	۱	۱	۱	۳	۱	۰	۰	۰	۰	۲
۲۰۰۳	۵	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰
۲۰۰۴	۷	۲	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰۰۵	۱	۰	*۲	۳	۱	*۱	۴	۰	۰	۱	۱	۱
کل	۳۸	۶	۱۴	۴۰	۵	۱۲	۱۲	۲	۸	۲۴	۲	۶
متوسط ۱۳ سال	۲/۹۲	۰/۴۶	۱/۰۸	۳/۰۸	۰/۳۸	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۱۵	۰/۶۲	۱/۸۵	۰/۱۵	۰/۴۶

جدول (۴): قابلیت اطمینان مطلوب و میزان دسترسی مورد نظر به انرژی در پروژه های HVDC در کشور چین

عدم دسترسی به انرژی در شرایط اجباری	۵ / ۰ % یا کمتر
عدم دسترسی به انرژی در شرایط برنامه ریزی شده	۱ % یا کمتر
خاموشی اجباری یک قطب	۶ مرتبه در سال یا کمتر
خاموشی اجباری دو قطب	۱ / ۰ % یا کمتر

جدول (۵): مقدار متوسط خاموشیهای ایستگاههای DC

مدت زمان متوسط به ساعت	میانگین تعداد خاموشی در سال	
۷/۵	۶	دو قطب (در یک ایستگاه)
۸	۰/۱	دو قطب (در یک ایستگاه)

فرکانس سیستم می‌گردد که این امر به اضافه ولتاژهای احتمالی بالا منجر می‌شود. در سمت inverter این خاموشی بصورت افت در تولید و نوسانات کم ولتاژ و توان مشاهده می‌گردد. مطالعات اولیه با مدل سازی انواع خطاها باید صورت پذیرد و راهکارهای مناسب برای کاهش مدت زمان خاموشی مبدلها در نظر گرفته شود مانند در نظر گرفتن حاشیه‌های لازم در ضوابط اضافه بار هر مبدل ۱۲ پالسه و طرحهای حفاظتی مخصوص مانند کنترل نسبت بار مصرفی به میزان تولید.

۷- ضوابط لازم برای طرح قابل اطمینان

فقدان توان (MW) به سه دسته قابل تقسیم می‌باشد:

- بحرانی: فقدانی که باعث قطع شدن کل توان DC می‌گردد.
- شدید: فقدانی که موجب قطع شدن نصف توان می‌گردد. این فقدان میتواند با اعمال اضافه بار بر تجهیزات باقیمانده جبران گردد.
- غیر شدید: فقدانی که باعث از دست رفتن ۲۵٪ از کل توان می‌گردد.

در نهایت باید خاطر نشان کرد که عملکرد HVDC در یک سیستم AC، چه به عنوان منبع توان (MW) و چه بعنوان رابط انرژی (MWh) ممکن است بر روی سطح ایمنی سیستم که در مطالعات قابلیت اطمینان و طراحی بدست آمده تاثیر بگذارد. البته حساسیت در طراحی یک سیستم HVDC که تامین کننده توان است بسیار بیشتر از حساسیت طراحی یک سیستم HVDC که بعنوان رابط انرژی (MWh) عمل می‌کند، می‌باشد.

۸- نتیجه گیری

- تعداد خاموشیهای اجباری دوقطب^۱ بسیار کم می‌باشد. معمولاً چنین خاموشیهایی بر اثر سقوط برج روی می‌دهند؛ بنابراین اکثر خطاهای خط روی یک قطب حادث می‌شوند (بر اثر خطای ایزولاسیون و کلیدزنی و غیره) به همین جهت است که عملکرد یک قطب به اضافه مسیر برگشت فلزی (metallic return) و یا مسیر برگشت زمین (از طریق الکتروود) در طرحهای HVDC از اهمیت خاصی برخوردار است.
- هنگام در نظر گرفتن ظرفیت اضافه بار خط HVDC مطالعات باید بر روی شبکه ترکیبی AC/DC صورت پذیرد. توانایی تحمل اضافه بار DC بستگی به توانایی شبکه AC/DC متصل به بخش HVDC دارد.
- ولتاژ AC در سمت Inveret باید تحت شرایط عملکرد متفاوت تامین شود بنابراین مطالعات لازم برای تعیین افت ولتاژ در ترمینال Inverter در حین بروز خطا در آرایشهای مختلف سیستم باید صورت پذیرد. همچنین ترسیم منحنی Q-V (توان راکتیو - ولتاژ) در سمت AC ترمینال باید انجام شود. مدیریت فنی - اقتصادی

توان راکتیو با فراهم کردن فیلترها و خازنها، بسته به نیاز سیستم، باید صورت پذیرد. ملزومات جبران سازی دینامیک توان راکتیو نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.

- در ترمینال رکتیفایر، در صورت مسدود شدن توان، مقادیر زیادی از فیلتر یا خازن به مدت زمان معینی در مدار باقی خواهند ماند که منجر به افزایش ولتاژ می‌شوند بنابراین احتمال شروع بکار (آتش) خود به خودی ژنراتور باید بررسی گردد.
- در صورت خاموشی یک یا دو قطب یا مسدود شدن توان DC توان به سیستم موزی AC منتقل خواهد شد. برای حفظ ایمنی سیستم جبران سازی استاتیک، دینامیک، سری و موزی در سیستم AC باید مورد مطالعه قرار گیرد و مشخص گردد.
- آرایشهای موزی و سری ۲ مبدل ۱۲ پالسه باید مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به نیازها و ضوابط طراحی بهینه‌ترین آرایش انتخاب گردد. حاشیه لازم برای تحمل اضافه بار نیز باید در نظر گرفته شود (برای مدت زمان کوتاه یا بلند) تا از خاموشی مبدلها جلوگیری بعمل آید.
- خاموشی کل ایستگاه بسیار کمتر از خاموشی یک قطب (در صورتیکه یک مبدل در هر قطب وجود داشته باشد) و یا قسمتی از یک قطب (در صورتیکه دو مبدل سری یا موزی در هر قطب وجود داشته باشد) روی می‌دهد.
- شاخص‌های آماری موجود باید همراه با ضوابط متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرند و این ضوابط با توجه به این که سیستم HVDC نقش منبع توان را داشته باشد (MW based) یا نقش رابط انرژی (MWh) تعیین می‌گردند.
- برای اینکه سیستم بتواند در حالت تک قطبی (Mono polar) نیز عمل کند، الکترودهای زمینی باید در نظر گرفته شوند. چون در صورتی که فقط هادی یک قطب قابل بهره برداری باشد این الکترودها نقش اساسی در عملکرد سیستم ایفا می‌کنند.

مراجع:

- (۱) آشنایی با FACTS- مفاهیم و فن آوری شبکه های انتقال نیروی انعطاف پذیر- نارین جی. هینگورانی، لازلو گایوگی- ترجمه احمد فریدون درافشان
- [2] Parallel Connection of Convertors for HVDC Transmission - A.Ekstrom, L.E.Juhlin, and G.Liss- IEEE May/June 1978 VOLUME PAS-97
- [3] G. Andersson et al: ON VOLTAGE AND POWER STABILITY IN AC/DC SYSTEMS, CIGRÉ WG 14.05 Technical Brochure, January 2003.

[4] C. V. Thio et al: COMMUTATION FAILURES IN HVDC TRANSMISSION SYSTEMS DUE TO AC SYSTEM FAULTS, *CIGRÉ WG 14.02 Technical Brochure*, July 1997.

[5] J. Christofersen et al: ANALYSIS OF HVDC THYRISTOR CONVERTER TRANSFORMER PERFORMANCE, *CIGRÉ JTF B4.04/A2-1 Technical Brochure*, November 200

[6] C. Zani: FURNAS EXPERIENCE ON HVDC SYSTEM OPERATION, *Brazil – India – China CIGRÉ Summit, Rio de Janeiro*, July 2006.

[7] Rebati Dass, Börje Linden, Stefan Rinaldo, Siu-Pan Cheung: OPERATION EXPERIENCE FROM BULK POWER HVDC LINKS FROM THREE GORGES COMPLEX, *CIGRÉ 2006 Paper B4-208*.

بیوگرافی

آقای علیرضا رئیسی دارای مدرک لیسانس مهندسی برق گرایش قدرت از دانشگاه آزاد اسلامی - قزوین تهران جنوب می باشند. ایشان بیش از ۱۴ سال در شرکت قدس نیرو تجربه کارشناسی و مدیریت پروژه داشته و هم اکنون مدیریت گروه تخصصی خطوط انتقال را برعهده دارند. زمینه فعالیت آقای علیرضا رئیسی بطور کلی سیستم های انتقال انرژی الکتریکی بوده و زمینه تخصصی و علاقمندی ایشان علاوه بر مطالعه و پیاده سازی سیستم های مدیریت مهندسی، طراحی، تحلیل و عیب یابی، بهینه سازی و ارتقاء خطوط انتقال نیرو با بکار گیری سیستم های جدید و پیشرفته طراحی به ویژه *Power Line Systems- Computer Aided Design and Drafting (PLS-CADD)* می باشد.

Email: araisi@ghods-niroo.com

آقای کامران رضایی دارای مدرک لیسانس برق گرایش الکترونیک از دانشگاه آزاد تهران مرکز می باشند. ایشان جمعاً ۸ سال سابقه کار داشته که ۴ سال آن در شرکت قدس نیرو و در مورد طراحی و ارتقاء شبکه های انتقال نیرو می باشد. زمینه کاری و علاقمندی ایشان در زمینه کنترل و ارتقای سیستم های انتقال نیرو و طراحی سیستم های انتقال HVDC می باشد.

Email : krezaei@ghods-niroo.com



ملاحظات بهداشتی و زیست محیطی استفاده از پساب در روش های مختلف آبیاری تحت فشار (مطالعه موردی پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب اولنگ مشهد)

علی سمیعی

کارشناس ارشد محیط زیست - SBU آب

رامین نیکنام

کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی - SBU آب

امیرابراهیم یوسف پور

مدیر گروه آبیاری و زهکشی - SBU آب

چکیده

استفاده از پساب های فاضلاب در کشاورزی با توجه به کمبود آب و کاهش سطح آب های زیرزمینی در شهر مشهد به عنوان یک منبع با ارزش و مهم آبی مطرح است. کاربرد روش های سنتی آبیاری با راندمان پایین موجب هدررفت بخش بزرگی از منابع آب مذکور شده و از طرفی باعث پخش آلودگی در سطح اراضی کشاورزی می گردد. سیستم های آبیاری تحت فشار امکانات بالقوه چشمگیری برای افزایش بهره وری استفاده از آب فراهم می آورند و مشاجرات بین کشاورزان و مشکلات زیست محیطی ناشی از استفاده غیر اصولی از آب آبیاری را کاهش می دهند. لذا در این مقاله سعی بر آن است تا ضمن معرفی روش های مدرن آبیاری جهت استفاده بهینه از میزان آب به جنبه های بهداشتی و زیست محیطی استفاده از پساب نیز توجه گردد. بدین ترتیب ملاحظات بهداشتی و زیست محیطی استفاده از پساب تصفیه خانه اولنگ مشهد با توجه به استانداردهای موجود مورد توجه قرار گرفته و توصیه های لازم در خصوص کاربرد این پساب در سیستم های آبیاری تحت فشار ارائه گردیده است.

کلمات کلیدی: پساب، کشاورزی، اولنگ مشهد، آبیاری، تحت فشار، زیست محیطی، بهداشتی

۱- مقدمه

در حال حاضر کشورهای واقع در نواحی خشک و نیمه خشک نسبت به سایر کشورها ارزش فاضلاب را بهتر درک نموده و بسیاری از کشورها به دنبال یافتن روشهای بهبود و گسترش استفاده مجدد از فاضلاب هستند. در کشورهای خاورمیانه که اکثر آنها در ناحیه خشک و نیمه خشک قرار دارند و از قدیم با معضل کم آبی آشنا بوده اند، استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی هر روز اهمیت بیشتری می یابد.

در کشور ما نیز استفاده از فاضلاب سابقه طولانی دارد بطوریکه در زمان صفویه از فاضلاب اصفهان در زمین های حاشیه شهر استفاده گردید. در حال حاضر با توجه به اینکه قسمت اعظم مساحت ایران از بارش سالیانه کمی برخوردار است بعنوان یکی از سیاست های اقتصادی- اجتماعی دولت بر استفاده بهینه از منابع تجدیدپذیر، بویژه بازچرخانی و استفاده مجدد آب، تغذیه آب های زیرزمینی و استفاده مجدد از فاضلاب های انسانی و

صنعتی تصفیه شده در امور کشاورزی و سایر فعالیت ها تأکید شده است [1].

تقریباً کلیه استانداردها و راهنماهای استفاده مجدد از فاضلاب، کاربرد این آب را جهت آبیاری اراضی کشاورزی پیشنهاد می دهند. با توجه به اینکه آبیاری از فعالیتهایی است که بیشترین آب را در هر کشور مصرف می نماید، از اینرو اولین گزینه قابل بررسی در هر طرح استفاده مجدد می باشد [2].

در حال حاضر در بسیاری از شهرهای ایران، فاضلاب های خانگی و روان آب های سطحی و بعضاً "پساب های صنعتی پس از خروج از شهر، در زمین های کشاورزی پایین دست استفاده می شود. آمار منتشره از سوی مراکز درمانی کشور نشان می دهد، بیماری هایی نظیر هپاتیت های عفونی، اسهال ها، انگل های رودهای و سایر انواع بیماری هایی که به دلیل وجود آلودگی محیط ناشی از دفع نادرست فاضلابها می باشند در شهرهای مختلف شیوع پیدا کرده است. بالا آمدن سطح آب های



زیرزمینی در مناطق جنوبی تهران، تبریز و شیراز و همچنین وجود نیرات بیش از اندازه در آبهای زیرزمینی شهر مشهد و بالاخره آلودگی سبزی و صیفی جات کشت شده در اراضی جنوب تهران و برخی شهرهای بزرگ مثل مشهد بر اثر آبیاری با فاضلابها نمونه‌هایی از این قبیل مسائل هستند که سال به سال حادث شده و چنانچه اقدام مؤثری صورت نگیرد مشکلات بزرگتر خواهد بود [3].

اصولاً از لحاظ آبیاری، بهره‌برداری از آب با کیفیت پایین مانند پساب، پیچیده‌تر و مشکل‌تر از آب با کیفیت خوب است و نیازمند مدیریت اجرایی پیچیده و روش‌های کنترلی و نظارتی دقیق‌تر است.

موقعیت بهره‌برداری از فاضلاب جهت تولید محصول می‌بایست با اهداف تولید بهینه محصول، حفاظت محیط‌زیست و نگهداری حاصل‌خیزی خاک مطابقت داشته باشد. موضوعات مختلفی باید در کنار هم قرار گیرند و با هم ترکیب شوند تا شرایط و موقعیت بهره‌برداری و مدیریتی مشخص شود. بهره‌بردار، باید اطلاعات پساب فراهم شده و کیفیت آن را فرمول‌بندی نموده و با شرایط داخل مزرعه مطابقت دهد. شرایط داخل مزرعه با سه مورد اساسی انتخاب محصول، انتخاب روش آبیاری و مدیریت اجرایی و تجربی ترکیب شده و مجموعاً موقعیت ما را مشخص می‌سازد [4].

۲-مواد و روشها

در دشت مشهد بیش از نیمی از اراضی کشاورزی توسط پساب فاضلاب آبیاری می‌شود. بنابراین پتانسیل استفاده از فاضلاب تصفیه شده وجود داشته که به دلیل شرایط حاکم بر این شهر (افت سفره آب زیر زمینی و افزایش مصرف آب به دلیل وجود زائدر تمام مواقع سال) لازم است از این منبع آبی با توجه به ارزشمند بودن آن بخوبی استفاده شود. استفاده از روشهای آبیاری تحت فشار یکی از این روشها می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی و مقایسه روشهای مختلف آبیاری تحت فشار و ملاحظات زیست محیطی و بهداشتی مربوط به آنها می‌باشد. بدین‌منظور روشهای آبیاری قطره‌ای و بارانی از نظر ملاحظات زیست محیطی با توجه به کیفیت فیزیکی و شیمیایی و میکروبی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اولنگ مشهد، مقایسه شده‌اند.

۱-۲-ویژگی های منطقه

شهر مقدس مشهد از جمله کلاتشهر های ایران است که در منطقهای با اقلیم گرم و خشک قرار گرفته و در طول سال پذیرای زائرین زیادی از کلیه نقاط کشور می‌باشد. منابع تامین آب این شهر غالباً منابع آب زیرزمینی بوده که با برداشت بیش از حد با افت سطح سفره روبرو شده است. بخشی از آب مورد

استفاده شهر در تصفیه‌خانه فاضلاب اولنگ مشهد که در قسمت شرقی این شهر قرار گرفته، پس از جمع‌آوری و تصفیه شده و سپس به کشف رود تخلیه و در شرایط حاضر این فاضلاب در اراضی کشاورزی حاشیه کشف رود مورد استفاده بهره‌برداران کشاورزی قرار می‌گیرد. ورودی این تصفیه‌خانه ۲۵۰۰ مترمکعب در روز است.

۲-۲-ویژگی های فاضلاب تصفیه شده

ویژگی های فیزیکی و شیمیایی فاضلاب تصفیه شده اولنگ مشهد به قرار جدول (۱) آمده است.

۳- نتایج

در این تحقیق با توجه به اطلاعات موجود و در دسترس ملاحظات زیست محیطی و بهداشتی دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای باتوجه به کیفیت فیزیکی و شیمیایی و میکروبی فاضاب تصفیه شده اولنگ مشهد مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. همانطور که جدول شماره (۱) نشان می‌دهد کیفیت فیزیکی و شیمیایی فاضلاب تصفیه شده اولنگ مشهد در حد استاندارد بوده ولی باتوجه به شواهد موجود کیفیت میکروبی آن که با شاخص کلیفرم کل و کلیفرم گوارشی مشخص می‌گردد، از حد استانداردهای موجود بالاتر بوده و ازاین رو باید مدیریت لازم در انتخاب نوع کشت و روش آبیاری صورت گیرد. در انتخاب نوع کشت و روش آبیاری، ملاحظات زیست محیطی و بهداشتی شامل موارد زیر می‌باشد که بایستی در مدیریت اجرایی استفاده از فاضلاب تصفیه شده اولنگ مورد استفاده قرار گیرد:

۱-۳-نوع محصولات

۱-۱-۳-محصولات غذایی

- محصولات غذایی که به صورت خام مورد مصرف قرار می‌گیرند نظیر سبزیجات و صیفی‌جات و میوه‌ها
- محصولات غذایی خشکباری و محصولاتی که به صورت پخته شده مورد استفاده قرار می‌گیرند مثل گندم، حبوبات

۲-۱-۳-محصولات علوفه‌ای و دامی

- محصولات علوفه‌ای که مستقیماً و به صورت تازه مورد مصرف حیوانات اهلی قرار می‌گیرند مثل ذرت علوفه‌ای، یونجه، سورگوم علوفه‌ای
- محصولات علوفه‌ای که بصورت خشک و بعد از گذشت مدتی پس از برداشت مورد مصرف قرار می‌گیرند.

۳-۱-۳-فضای سبز

- مناطق حفاظت شده و در تماس با رفت و آمد عموم مردم
- مناطق نیمه حفاظت شده

جدول (۱): ویژگی های فاضلاب تصفیه شده اولنگ مشهد

پارامتر	واحد	مقدار میانگین در پساب	انحراف معیار	استاندارد
pH	-	۷/۷۷	۰/۰۶	۶-۸/۵
EC	$\mu\text{s}/\text{cm}$	۲۵۸۳	۵۰۰	۲۵۰۰-۷۵۰۰
BOD ₅	mg/l	۶۹/۱	۱/۹	۱۰۰
COD	mg/l	۱۳۹/۵	۱/۱۷	۲۰۰
TSS	mg/l	۸۹/۳	۰/۶	۱۰۰
NO ₂	mg/l-N	۱/۱	۰/۰۹	
NO ₃	mg/l-N	۲۷/۴	۱/۵۶	-
PO ₄ ³⁻	mg/l-P	۳/۲	۰/۳	-
قلیائیت	mg/l-CaCO ₃	۲۹۲/۸	۱۵/۶	
Ca ⁺⁺	mg/l	۳۴/۹	۰/۳۷	-
Mg ⁺⁺	mg/l	۱۹/۴	۰/۷۵	۱۰۰
Na ⁺	mg/l	۸۳/۹	۰/۴۷	-
K ⁺	mg/l	۲۰/۶	۰/۷۶	-
کادمیوم	mg/l	۰/۰۴۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۵
نیکل	mg/l	۰/۲۱	۰/۰۳۲	۲
آهن	mg/l	۰/۱	۰/۰۶۵	۳
منگنز	mg/l	۰/۰۸۵	۰/۰۰۵	۱
سرب	mg/l	۰/۷۸	۰/۰۲	۱
روی	mg/l	۰/۲۱	۰/۰۲	۲
کبالت	mg/l	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۵
SAR	-	۲/۸۲۲	۰/۰۳۶	۱۰
ESP	-	۸/۹۶	۰/۲۵	۱۲
RSC	-		۰/۲	۲/۵
درصد سدیم	%	۴۸/۵۶	۰/۴	۶۰

۳-۱-۴- جنگل‌ها

- شامل جنگل‌های تجاری (میوه، چوب و زغال)
- مناطق جنگلی حفاظت شده

۳-۲- روش آبیاری

در شرایط عادی، انتخاب روش آبیاری بستگی به آب فراهم شده، آب و هوا، خاک، محصولات، هزینه، روش آبیاری و توانایی کشاورز در مدیریت مزرعه دارد. با وجود این، وقتی که منبع آب آبیاری، پساب فاضلاب باشد، آلودگی محصولات برداشتی، کارگران مزارع، محیط‌زیست، شوری و خطرات ناشی از سمیت لازم است که مورد توجه قرار گیرند[4].

انتخاب روش آبیاری تحت تأثیر عوامل ذیل است:

- انتخاب محصولات
 - خیس شدن شاخ و برگ‌ها، میوه‌ها و قسمت‌های هوایی
 - توزیع آب، نمک و آلودگی در خاک
 - آب سهل الوصول که خاک می‌تواند در خود نگهداری کند.
 - میزان راندمان مورد درخواست
 - آلودگی محیط‌زیست و سلامت کارگران کشاورزی
- بطور کلی به منظور کاهش آلودگی محصولات، انتخاب روش مناسب آبیاری می‌بایست تماس قسمت‌های خوراکی گیاه و آب آبیاری با کیفیت پایین را به حداقل برساند. به دلیل اینکه پاتوژن‌ها از طریق روزه‌ها منتقل می‌گردند، آبیاری بارانی بیشترین پتانسیل را برای انتقال پاتوژن‌ها به گیاهان برگدار دارد. در روش‌های آبیاری سطحی (نواری، فارو و ...) بدلیل انتقال آب در سطح زمین، احتمال آلودگی محصول به جز محصولات خزنده و غده‌ای به حداقل می‌رسد. روش‌های آبیاری موضعی نظیر آبیاری قطره‌ای از کمترین انتقال پاتوژن به سطح محصول برخوردار می‌باشند[9].
- مطالعات متعددی در زمینه تأثیرات آبیاری بارانی، قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) و آبیاری سطحی بر روی آلودگی محصولات انجام شده است. نتایج حاصل از این مطالعات نشان داده‌اند که آبیاری قطره‌ای از کمترین آلودگی محصول نسبت به آبیاری سطحی و بارانی برخوردار می‌باشد. ولی هزینه آبیاری قطره‌ای با توجه به بالا بودن آلودگی و کدورت پساب خروجی به دلیل احتمال گرفتگی قطره چکان‌ها نیز بیشتر است. (armon et. Al., 2002, bastos and mara, 1995, El Hamouri et. Al., 1996, Oron et. Al., 2001; Solomon et al. , 2002)

با این وجود تکنیک‌های آبیاری قطره‌ای با هزینه اندک نظیر آبیاری کوزه‌ای^۱ دارای پتانسیل بالایی جهت استفاده در کشورهای کم درآمد می‌باشد. براساس مطالعات انجام شده در کشور غنا استفاده از آبیاری کوزه‌ای باعث کاهش آلودگی تا ۶ واحد لگاریتمی مخصوصاً در طول دوره فصول گرم سال شده است.^۲

در تحقیق دیگر که توسط فنه و راسکین در سال ۱۹۹۸ انجام شده است استفاده از روش‌های قطره‌ای و قطره‌ای زیر سطحی در زمینه کنترل حرکت نیترات بسته به وضعیت خاک، آب و شرایط توسعه ریشه گیاهان تحت آبیاری موفق بوده است[5].

اورون و همکاران در سال ۱۹۹۲ با بکار بردن پساب فاضلاب در مزارع آزمایشی واقع در فلسطین اشغالی به این نتیجه رسیده‌اند که در مواقعی که از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود، آلودگی سطوح خاک و گیاه حداقل و زمانی که از سیستم بارانی استفاده می‌شود، مقدار آلودگی حداکثر خواهد بود. همچنین نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مقدار نیتروژن در عمق ۳۰ الی ۶۰ سانتی‌متری نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی کمتر بوده و در نتیجه نیتروژن و فسفر وقتی که منبع آب نزدیک ریشه گیاه واقع شده باشد، بهتر جذب می‌شوند. در مقابل مطالعه موردی دیگری نشان داد در هنگام استفاده از روش‌های آبیاری سطحی با پساب فاضلاب، ۲۴ درصد از ازت کل موجود در پساب فاضلاب آشوبی و از دسترس گیاه خارج می‌گردد[6].

در جدول شماره (۲) عوامل موثر در انتخاب روش آبیاری نشان داده شده است.

در روش آبیاری بارانی آب به شکل یکنواختی در سطح مزرعه پخش می‌شود. با این وجود بدلیل آنکه توزیع آب به صورت باران می‌باشد، محصولات، درختان میوه و کارگران کشاورزی در معرض آلودگی به پاتوژن‌ها قرار دارند. همچنین امکان پخش پاتوژن‌ها توسط بادهای سطحی وجود دارد که برای حل این مشکل لازم است، فاصله مناسب از مناطق مسکونی رعایت شود. همچنین طراحی سیستم آبیاری بارانی باید به صورتی باشد که خطرات بهداشتی مربوط به باد به حداقل برسد. بدین‌منظور در صورت استفاده از آبیاری بارانی جهت آبیاری با

1- Bucket

2- Keraita et. Al., 2007

فاضلاب تصفیه شده لازم است از آبپاشهای کم فشار استفاده شود. در مواقعی که باد در حال وزیدن است و مردم در داخل مزرعه هستند، آبیاری صورت نگیرد. در روش آبیاری بارانی متحرک دستی باید لوله جانبی با نازل و دیگر اتصالات کاملاً محکم شود و پساب از مسیر بسته به لوله جانبی برسد.

کیفیت آب در روش آبیاری بارانی تاثیر بیشتری نسبت به سایر روشها دارد و باعث گرفتن سوراخ آبپاش، لکه دار شدن برگها و همچنین ایجاد مسمومیت در گیاه می شود. همچنین در لوله ها، شیرها و سیستم توزیع نیز استهلاک و رسوب بوجود خواهد آمد. در مواقعی که فلزات سنگین و عناصر مسموم کننده در آب وجود داشته باشد، تصفیه ثانویه مورد نیاز است که موجب بالا رفتن هزینه های استفاده از پساب می شود.

آبیاری قطره ای با پساب در مقایسه با سایر روشها هم از لحاظ تولید حداکثر محصول و هم از لحاظ رعایت مسایل بهداشتی برای کارگران و کشاورزان مزارع مناسب تر و دارای فواید بیشتری است و با توجه به نوع کشت قابل توصیه می باشد. آبیاری قطره ای سیستم نسبتاً گران و نیازمند آب با کیفیت مناسب است تا سیستم دچار گرفتگی قطره چکانها نشود. جدول (۳) کیفیت مورد نیاز روش آبیاری قطره ای را نشان می دهد.

مزایای روش آبیاری قطره ای در مقایسه با سایر روشها عبارت است از:

- ۱- افزایش رشد محصولات و میزان تولید همراه با مصرف بهینه آب، مواد غذایی و تهویه موجود در خاک
 - ۲- بالا بودن راندمان آبیاری
 - ۳- انرژی کم مورد نیاز- فشار در آبیاری قطره ای بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلوپاسکال است.
 - ۴- کمترین میزان تماس بین نفرات و پساب فاضلاب وجود دارد.
 - ۵- نیاز به نفرات کم- آبیاری قطره ای به راحتی قابلیت اتوماتیک شدن داشته و امکان کوددهی و آبیاری باهم وجود دارد.
- محدودیت های آبیاری قطره ای بیشتر شامل هزینه بالای آن است و فقط برای محصولات ردیفی مناسب است.

در نهایت با توجه به جمع جهات یاد شده روش آبیاری قطره ای مناسب ترین روش جهت استفاده از پساب فاضلاب تصفیه شده اولنگ مشهد می باشد. البته همانطور که

ذکر گردید استفاده از این روش نیازمند سرمایه گذاری جهت ایجاد تجهیزات مورد نیاز بوده و فقط در کشت های ردیفی مناسب است. مقایسه جدول (۳) و جدول (۱) در خصوص فاضلاب تصفیه شده اولنگ مشهد بیانگر آن است که از نظر فیزیکی شیمیایی، این فاضلاب دارای استانداردهای لازم بوده ولی با توجه به بالابودن شاخصهای آلودگی مثل کیفیتهای کل استفاده از روش آبیاری قطره ای در اراضی مورد کشت پیشنهاد می شود.

۴- مراجع

- ۱- معاونت امور آب و آبفا، وزارت نیرو، ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب های برگشتی و پسابها، نشریه شماره ۳۴۵-الف، ۱۳۸۸.
- ۲- حمادی، محمد، "اثرات زیست محیطی فاضلاب"، دانشنامه علمی، Water94.blogfa.com، ۱۳۸۵.
- ۳- کمیته ملی آبیاری و زهکشی، استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی، ۱۳۸۰.
- ۴- نجفی، پیام، موسوی، سید فرهاد و عابدی، محمد جواد، "اثرات کاربرد روش آبیاری قطره ای در بهبود وضعیت بهره برداری از پساب فاضلاب شهری" همایش اثرات زیست محیطی پساب های کشاورزی بر آب های سطحی و زیرزمینی، تهران، بهمن ۱۳۸۰.

- 5- Vigneswaran, S. and Sundaravadivel, M., "Recycle and Reuse of Domestic Wastewater, in Wastewater Recycle, Reuse and Reclamation", [Ed. Saravanamuthu (Vigi)Vigneswaran], in Encyclopedia of Life Support System(EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK, [http://www.eolss.net]
- 6- Phene, C.J. and R. Ruskin. 1998. Nitrate management of wastewater with subsurface drip irrigation. Geoflow Inc. Available on internet, (www.Geoflow.com)
- 7- Oron, G. Demalach, Y., Hoffman, Z., and Y. Manor. 1992. Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control. Water Sci. Tech. 26(7/8): 1593-1601.
- 8- Oron, G., Campos, C., Gillerman, L. and M. Salgot. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Agricultural Water Management , No.38, pp.223-234.
- 9- Pescod, M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture, FAO, Irrigation and ZDrainage Paper, No.47,113P.

جدول (۲): برخی عوامل موثر در انتخاب روش آبیاری

پارامترهای مورد بررسی	آبیاری نشتی	آبیاری نواری	آبیاری بارانی	آبیاری قطره‌ای
۱- خیس شدن شاخ و برگ ها و اثرات صدمه دیدن برگها در فقر محصول	شاخ و برگها به دلیل اینکه در مرزها کاشته شده اند، هیچ آسیبی نمی بینند	بعضی از قسمتهای پایینی برگ ممکن است تحت تاثیر واقع شود ولی در مجموع کاهش محصول نداریم	می تواند در اثر صدمه دیدن برگها محصول کاهش پیدا کند	شاخ و برگها هیچ آسیبی نمی بینند
۲- نمکهای جمع شده در ناحیه ریشه که در اثر تکرار آبیاری بوجود می آید	نمکها در روی مرز جمع می شوند که می تواند به گیاه صدمه بزند	معمولا "نمکها به سمت به سمت پایین حرکت می کنند و در ناحیه ریشه تجمع نمی کنند	معمولا "نمکها به سمت پایین حرکت می کند و در ناحیه ریشه تجمع نمی کنند	نمکها بصورت شعاعی در مسیر حرکت آب از گیاه فاصله می گیرند و به صورت گره بین گیاهان جمع می شوند
۳- توانایی خاک در نگهداری پتانسیل بالای آب	گیاه ممکن است از لحاظ رطوبت در بین فواصل آبیاری دچار تنش شود	گیاه ممکن است از لحاظ رطوبت در بین فواصل آبیاری دچار تنش شود	احتمال تنش برای گیاه در ناحیه رشد وجود ندارد	احتمال تنش برای گیاه در ناحیه رشد وجود ندارد
۴- مناسب بودن پساب شور حاصل از فاضلاب بدون کاهش محصول	نسبتا "متوسط، با مدیریت و زهکشی خوب ممکن است پذیرفته شده باشد	نسبتا "متوسط، با آبیاری و زهکشی پذیرفته خوب می تواند سطح شده تولیدات را داشته باشد	از ضعیف تا خوب، بیشتر محصولات تحملشان نسبت به صدمه دیدن برگها کم است	خوب تا بسیار خوب، بیشتر گیاهان می توانند رشد کنند با کاهش خیلی کم محصول

جدول (۳): کیفیت آب مورد نیاز آبیاری قطره ای

مشکلات	واحدها	درجات محدودیت در بهره برداری		
		ندارد	متوسط	نامناسب
فیزیکی:				
نمکهای معلق	mg/l	> ۵۰	۵۰-۱۰۰	> ۱۰۰
شیمیایی:				
PH	mg/l	> ۷	۷-۸	> ۸
نمکهای محلول	mg/l	> ۵۰۰	۵۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰
منگنز	mg/l	> ۰/۱	۰/۱-۱/۵	> ۱/۵
آهن	mg/l	> ۰/۱	۰/۱-۱/۵	> ۱/۵
H ₂ SO ₄	mg/l	> ۰/۵	۰/۵-۲	> ۲
بیولوژیکی:				
باکتری های آلوده	حداکثر عدد - میلی متر	> ۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰-۵۰۰۰۰	> ۵۰۰۰۰

بیوگرافی

آقای علی سمیعی دارای مدرک لیسانس مهندسی کشاورزی از دانشگاه ارومیه و فوق لیسانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست از دانشگاه تهران می باشد. ایشان ۱۷ سال سابقه کار در زمینه محیط زیست و همکاری با قدس نیرو و دیگر مشاورین بنام در این زمینه را دارد. زمینه علاقمندی آقای سمیعی کارهای زیست محیطی و به خصوص ارزیابی زیست محیطی می باشد.

Email: Asamiei@ghods-niroom.com

آقای رامین نیکنام دارای مدرک لیسانس مهندسی کشاورزی، گرایش آبیاری از دانشگاه شیراز و فوق لیسانس آبیاری و زهکشی از دانشگاه تربیت مدرس می باشد. ایشان دارای ۷ سال سابقه کار بوده که ۶ سال آن در شرکت مهندسی قدس نیرو می باشد. زمینه علاقمندی آقای نیکنام مدیریت مصرف انرژی در بخش آبفا، طراحی شبکه های آبیاری و زهکشی، استفاده از پساب تصفیه شده، بررسی کیفی سفره های آب زیرزمینی و مدیریت بهره برداری بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی می باشد.

Email: Rniknam@ghods-niroom.com

آقای ابراهیم یوسف پور مدیر گروه آبیاری و زهکشی دارای مدرک لیسانس مهندسی آبیاری و آبادانی از دانشگاه چمران اهواز و ۲۱ سال سابقه کار می باشد که ۱۷ سال آن در شرکت مهندسی قدس نیرو است. زمینه علاقمندی و فعالیت آقای یوسف پور طراحی شبکه های آبیاری و زهکشی، مدیریت بهره برداری بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی، استفاده از پساب تصفیه شده، پروژه های انتقال آب و آبرسانی و مدیریت مصرف انرژی در بخش آبفا می باشد.

Email: Ayusefpour@ghods-niroom.com

اصلاح مدل رفتاری موهر کولمب جهت تخمین نشست سطح زمین بر اثر حفاری تونل‌های کم عمق

رسول فرج‌نیا

کارشناس ارشد عمران، خاک و پی - SBU آب

کلمات کلیدی: تونل، نشست، پایداری، مدل موهر کولمب پیشرفته.

چکیده:

برای رفتار حفاری‌های زیرزمینی و به علت ترخیص تنش، تغییر شکل‌های الاستیک و پلاستیک در نواحی اطراف حفاری ایجاد می‌گردد و این موضوع باعث ایجاد جابجایی در محدوده اطراف تونل و سطح زمین می‌شود. برای این اساس یکی از پیامدهای حفر تونل‌های کم عمق پدیده نشست در سطح زمین می‌باشد. در صورتیکه برای مدلسازی عددی این پدیده از مدل رفتاری موهر کولمب استفاده شود با افزایش عمق حفاری تونل، روند افزایش میزان نشست ماکزیمم سطح زمین و کاهش ضریب اطمینان پایداری در مقابل لغزش مشاهده می‌شود که ممکن است در برخی مواقع قابل قبول نباشد. در این تحقیق برای اصلاح این پدیده، مدل رفتاری موهر کولمب پیشرفته بعنوان مدل رفتاری جایگزین و کارا در تعیین میزان نشست ماکزیمم سطح زمین مورد استفاده قرار گرفت. با انجام آنالیزهای تنش و پایداری با مدل رفتاری پیشرفته، با افزایش عمق حفاری تونل، کاهش نشست ماکزیمم سطح زمین و افزایش ضریب اطمینان پایداری برای ترخیص تنش بررسی شده است.

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر با توجه به رشد جمعیت و پیشرفتهای صنعتی، بحث استفاده بهینه از فضاهای شهری مورد توجه ویژه ای قرار گرفته است. از جمله این فضاها، فضاهای زیرزمینی هستند که باعث تسریع در دسترسی به مکان‌های مورد نظر، انتقال آب و ... میشوند. در حفاری تونل‌های کم عمق، نشست سطح زمین بویژه در مناطق شهری از اهمیت ویژه ای برخوردار است. روند این نشست‌ها نسبت به عمق حفاری در مناطق مختلف متفاوت است. تغییرات نشست سطح زمین نسبت به عمق حفاری گاه بصورت افزایشی و گاهی بصورت کاهش می‌باشد، به ویژه وقتی عمق تونل از حدی بیشتر می‌شود عملاً "کاهش تغییر مکان در سطح زمین مشاهده خواهد شد. هدف از این تحقیق تعیین روند تغییر مکان‌های قائم سطح زمین با افزایش عمق حفاری تونل براساس مدل رفتاری موهر کولمب و موهر کولمب پیشرفته در خاک‌های همگن می‌باشد. برای این منظور از نرم افزار PLAXIS استفاده شده است که قابلیت مدل کردن انواع مقاطع تونل‌ها، بارگذاری‌ها، و سیستم‌های نگهداری را دارا می‌باشد. در این

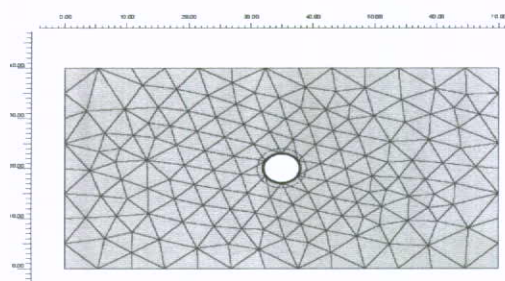
نرم افزار ابتدا مدل هندسی اولیه از محیط، شامل مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های زمین شناسی، مدل هندسی تونل حفر شده براساس قطر و عمق‌های مورد نظر ایجاد گردیده و براساس آنالیزهای تنش و پایداری انجام گرفته تنش‌های اولیه زمین و تنش‌های زمین بر اثر ترخیص تنش محاسبه گردیده و بعد از این مرحله خروجی نرم افزار شامل شبکه المان تغییر شکل یافته، جابجایی‌های قائم و ضرایب اطمینان پایداری تونل حفر شده نمایش داده می‌شود.

۲- مدل سازی عددی

همانطور که ذکر گردید تحلیل‌های عددی حفاری تونل با استفاده از نرم افزار PLAXIS انجام شده است. مقطع تونل‌ها بصورت دایره ای تمام مقطع با شعاع‌های ۳،۶،۹ متر در عمق‌های ۵،۱۰،۱۵،۲۰،۲۵،۳۰ متری از سطح زمین مدل گردیده است. خاک میزبان که حفاری در آن انجام پذیرفته خاک همگن چسبنده (رس با چسبندگی متوسط) می‌باشد. با توجه به دوبردی بودن مدل مورد استفاده، نتایج بدست آمده عملاً "برای تونل‌های با طول حفاری زیاد که در آنها رفتار کرنش مسطح حاکم است قابل توصیه خواهد بود. آنالیزهای عددی با استفاده از نرم افزار اجزاء محدود PLAXIS V8.2

۲-۲- روش ساخت مدل

مدل شبکه المان‌های خاک مورد بررسی طوری تهیه می‌شود که در پایین مدل شرط مرزی بسته تغییرمکان در جهت افقی وقائم وجود داشته باشد و در جناحین تنها در جهت افقی تغییر مکان بسته شود. پس از تشکیل مدل هندسی، شبکه اجزاء محدود ایجاد می‌گردد که به عنوان مثال در شکل (۱) مشاهده می‌شود. در ساخت شبکه از المان‌های مثلثی ۱۵ گره‌ای برای مدل کردن توده خاک استفاده شده است، برای تعیین اثراندازه و تعداد المان‌ها بر نتایج آنالیز و تحلیل‌ها در ساخت مدل مناسب، آنالیزهای حساسیت برای تعیین اثر تعداد و اندازه شبکه المانها انجام شد و بر این اساس، اندازه متوسط^۱ برای مدل کردن نوع شبکه المان‌ها در نظر گرفته شده است. برای حذف شرایط مرزی از هر طرف حداقل ۴ برابر قطر تونل از توده خاک مدل شده و با مرز مناسب جایگزین شده است. پس از ایجاد تنشهای اولیه، حفاری تونل در مرحله بعدی با حذف ناحیه تونل انجام شده است.



شکل (۱): نمایی از شبکه المان‌های یکی از مدل‌های تهیه شده

۳- بررسی اثر مدل‌های رفتاری در اندرکنش تونل و خاک

تحلیل‌های فوق برای عمق‌های مختلف حفاری و قطرهای مختلف تونل انجام شده و نتایج تحلیل برای دو مدل مختلف در قالب ماکزیمم نشست سطح زمین، ضرایب اطمینان پایداری، تعیین میزان شعاع زون پلاستیک و نشست نسبی سطح زمین به شرح ذیل آورده شده است.

انجام گردیده است. این نرم افزار اجزاء محدود قابلیت مدل کردن انواع مقاطع تونل‌ها، بارگذاری‌ها و سیستم‌های نگهداری را دارا می‌باشد. در این نرم افزار ابتدا مدل هندسی اولیه از محیط، شامل مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های زمین‌شناسی، مدل هندسی تونل حفر شده براساس قطر و عمق‌های مورد نظر ایجاد گردیده و بر اساس آنالیزهای تنش و پایداری انجام گرفته تنش‌های اولیه زمین و تنش‌های زمین بر اثر ترخیص تنش محاسبه گردیده و بعد از این مرحله خروجی نرم افزار شامل شبکه المان تغییر شکل یافته، جابجایی‌های قائم، ضرایب اطمینان پایداری و شعاع زون پلاستیک تونل حفر شده نمایش داده می‌شود.

۲-۱- پارامترهای مدل‌های رفتاری

به منظور مطالعات ماکزیمم میزان نشست سطح زمین و ضرایب اطمینان پایداری تونل حفر شده با عمق‌های مختلف در زمین‌های همگن، مشخصات ژئوتکنیکی و بافت ژرفایی بصورت یک لایه خاک همگن در دو مدل رفتاری در جدول (۱) آورده شده است. مدل‌های مورد استفاده یکی مدل موهر کولمب و دیگری مدل موهر کولمب پیشرفته است که در آن مقدار چسبندگی و مدول الاستیسیته نسبت به عمق با رابطه زیر افزایش می‌یابد:

$$E = E_0 + \alpha H \quad (1)$$

$$C = C_0 + \beta H \quad (2)$$

که در آن E_0 مدول الاستیسیته و چسبندگی در سطح زمین، α و β نرخ افزایش این دو پارامتر به ازاء یک متر سربار و H عمق مورد نظر می‌باشد.

در مدل موهر کولمب با انتخاب هر گونه پارامترهای مقاومتی و تغییر شکل پذیری با افزایش عمق حفاری، نشست در سطح زمین زیاد می‌شود. در حالیکه در مدل موهر کولمب پیشرفته امکان کم شدن نشست در سطح زمین با انتخاب گونه ای از پارامترها امکان پذیر است. در جدول (۲) پارامترهای مدل موهر کولمب پیشرفته با این هدف ارائه شده است.

جدول (۱): پارامترهای رفتاری مدل موهر کولمب

γ (KN/m ³)	E (KPa)	ν	ϕ (o)	C (KPa)
۱۸	۲۰۰۰	۰/۴	۲۵	۵۰

جدول (۲): پارامترهای رفتاری مدل موهر کولمب پیشرفته

γ (KN/m ³)	ϕ (o)	ν	α (KPa/m)	E_0 (KPa)	β (KPa/m)	C_0 (KPa)
۱۸	۲۵	۰/۴	۷۵۰	۱۵۰۰۰	۲	۲۰

۳-۱- ماکزیمم میزان نشست در سطح زمین

نشست حداکثر سطح زمین برای تونل‌های با قطر ۳، ۶ و ۹ متر نسبت به عمق حفاری برای مدل‌های رفتاری یادشده در شکل (۲) نشان داده شده است. مشاهده میشود در مدل رفتاری موهركولمب با افزایش عمق حفاری نشست ماکزیمم در سطح زمین بتدریج افزایش می‌یابد ولی در مدل رفتاری موهركولمب پیشرفته (افزایش پارامترهای مقاومتی خاک متناسب با عمق) با افزایش عمق حفاری تونل، میزان نشست ماکزیمم سطح زمین ثابت مانده یا شروع به کم شدن می‌نماید. ضمناً علاوه بر منحنی‌های نشست ماکزیمم حاصل از نتایج آنالیزهای کامپیوتری، منحنی‌های نشست S_{max} حاصل از روابط تجربی نشست سطحی زمین (Peck, 1969 و Erick and Animateur, 2007) نیز آورده شده است.

$$s = s_{max} \exp \left[\frac{-x^2}{2i^2} \right] \quad (3)$$

$$S_{max} = V / (i * \sqrt{2\pi}) \quad (4)$$

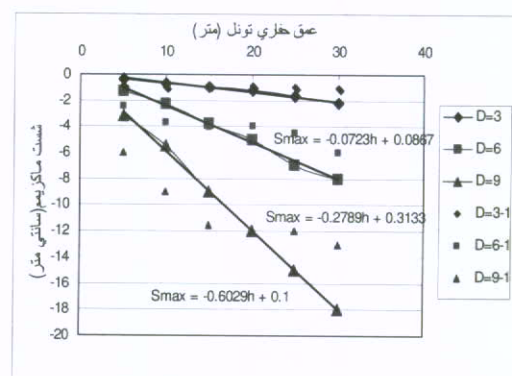
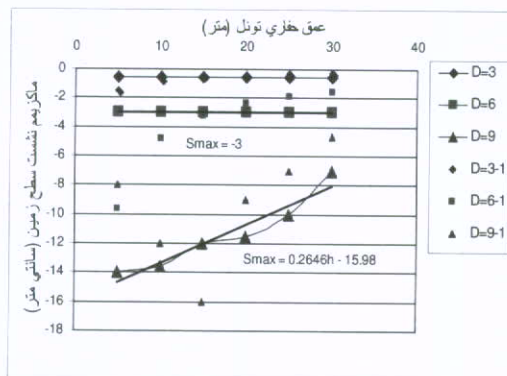
$$i/R = (Z_o / 2R)^n \quad (5)$$

که در آن، S ، نشست سطح زمین به فاصله x از محور تونل، S_{max} ، ماکزیمم مقدار نشست در $x=0$ و i محل شیب نشست ماکزیمم یا نقطه انحنا است [۳].

مطابق منحنی‌های نشست مشاهده می‌گردد میزان نشست ماکزیمم سطح زمین بر اثر رابطه تجربی ذکر شده در تونل با قطرهای ۳ و ۶ متری تقریباً "نزدیک به نتایج حاصل از آنالیزهای عددی بوده ولی در تونل با قطر ۹ متری همخوانی ندارد بطوریکه ماکزیمم میزان نشست سطح زمین حاصل از رابطه تجربی در عمق‌های کم بیشتر از مقدار آنالیزهای عددی بوده ولی با افزایش عمق حفاری تونل مقدار آن کمتر از آنالیزهای عددی میگردد.

۳-۲- ضریب اطمینان پایداری

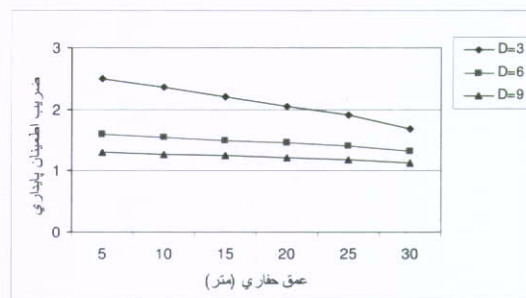
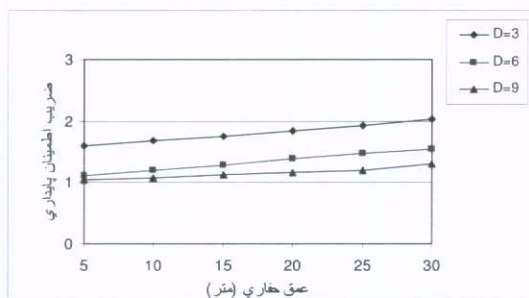
ضریب اطمینان پایداری تونل‌ها با قطر ۳، ۶ و ۹ متر با افزایش عمق حفاری در دو مدل رفتاری موهركولمب و موهركولمب پیشرفته به روش کاهش مقاومت برشی در شکل (۳) نشان داده شده است. در روش کاهش مقاومت برشی که توسط Dawson et al (1999) معرفی شده است [۲]، مقدار پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک در طول تحلیل به گونه ای کاهش می‌یابد تا به آستانه عدم همگرایی در مدل عددی برسد. در این وضعیت مقدار ضریب کاهش به عنوان ضریب اطمینان پایداری معرفی میشود. در شکل (۳) مشاهده میشود که ضریب اطمینان پایداری تونل در مدل رفتاری موهركولمب با افزایش عمق حفاری تونل کاهش یافته است درحالیکه در مدل رفتاری موهركولمب پیشرفته با افزایش عمق حفاری تونل میزان ضریب اطمینان پایداری تونل شروع به زیاد شدن می‌نماید.



شکل (۲): منحنی‌های ماکزیمم میزان نشست سطح زمین در مقطع عرضی تونل

(ب) مدل رفتاری موهركولمب پیشرفته

(الف) مدل رفتاری موهركولمب



شکل (۳): منحنی‌های ضریب اطمینان پایداری تونل

(ب) مدل رفتاری موهر کولمب پیشرفته

(الف) مدل رفتاری موهر کولمب

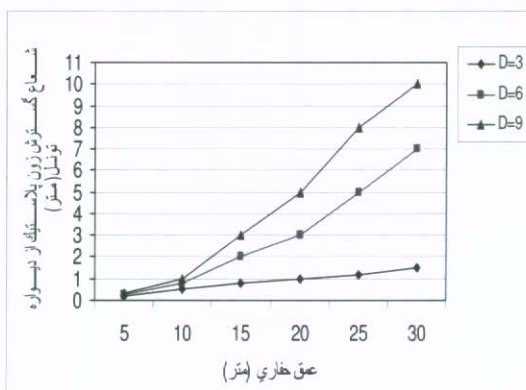
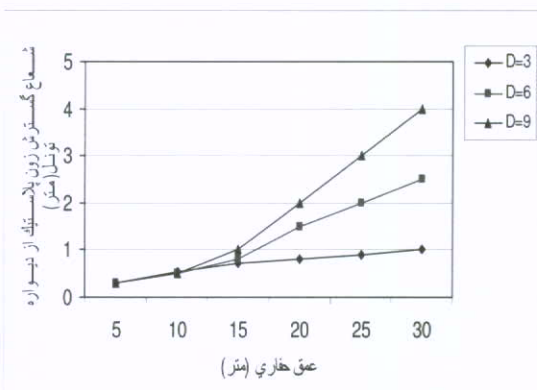
هستند و یا ساختمانهایی که پی آنها بصورت منفرد است این تغییر شکل نسبی از حدی نمی‌تواند بیشتر باشد. در غیر این صورت در پی و یا سازه‌های دیگری بوجود خواهد آمد. تغییر شکل نسبی بر اثر حفاری زیر زمینی با افزایش عمق حفاری تونل در دو مدل رفتاری در شکل (۵) آورده شده است. در مدل رفتاری موهر کولمب میزان تغییر شکل نسبی سطح زمین در محدوده تحت فشار (محدوده بین محور تونل تا نقطه عطف منحنی نشست) با افزایش عمق حفاری تونل افزایش یافته ولی محدوده تحت کشش (خارج از محدوده نقطه عطف) با افزایش عمق حفاری تونل کاهش را نشان می‌دهد ولی در مدل رفتاری موهر کولمب پیشرفته میزان تغییر شکل نسبی سطح زمین در محدوده تحت فشار با افزایش عمق حفاری تونل کاهش یافته ولی محدوده تحت کشش با افزایش عمق حفاری تونل افزایش را نشان می‌دهد.

۳-۳- گسترش شعاع زون پلاستیک

بعد از حفاری تونل، شعاع زون پلاستیک در هر دو مدل رفتاری موهر کولمب و موهر کولمب پیشرفته مطابق شکل (۴) با افزایش عمق حفاری تونل (افزایش ترخیص تنش) افزایش را نشان می‌دهد. ولی میزان شعاع زون پلاستیک در مدل رفتاری موهر کولمب بیشتر از مدل رفتاری موهر کولمب پیشرفته می‌باشد، همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش قطر حفاری تونل، ضخامت ناحیه‌ای که به پلاستیک می‌رسد بیشتر می‌شود.

۴-۳- نشست نسبی در سطح زمین

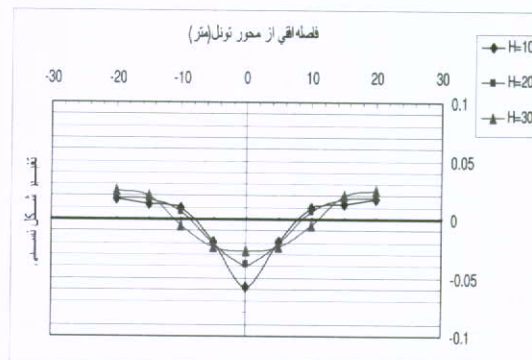
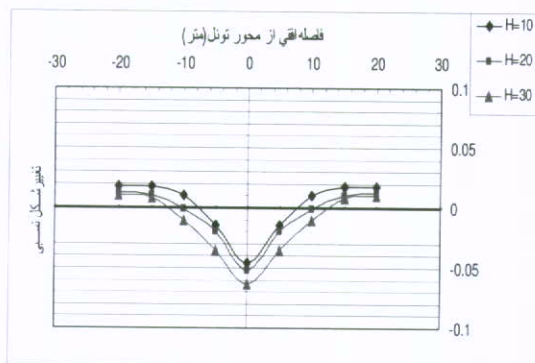
در ساختمانهایی که در مجاورت محور تونل قرار دارند تغییر شکل نسبی سطح زمین پس از احداث تونل بسیار با اهمیت است. در ساختمانهایی که دارای فونداسیون بتنی پیوسته



شکل (۴): گسترش شعاع زون پلاستیک در اطراف مقطع حفاری

(ب) مدل رفتاری موهر کولمب پیشرفته

(الف) مدل رفتاری موهر کولمب



شکل (۵): منحنی‌های نشست نسبی در سطح زمین

الف) مدل رفتاری موهر کولمب پیشرفته

ب) مدل رفتاری موهر کولمب پیشرفته

Peck, R. (1969), "Deep excavations and tunneling in soft ground", proc of 7th international conference on soil mechanics and foundation Engineering.

۴- نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از آنالیزهای انجام شده در مدل رفتاری موهر کولمب، ماکزیمم میزان نشست سطح زمین و ضریب اطمینان پایداری تونل حفر شده با افزایش عمق حفاری تونل به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد که گاهی این روند در عمل قابل قبول نمی‌باشد. ولی در مدل رفتاری موهر کولمب پیشرفته می‌توان پارامترها را طوری در نظر گرفت که ماکزیمم میزان نشست سطح زمین و ضریب اطمینان پایداری تونل حفر شده با افزایش عمق حفاری به ترتیب کاهش و افزایش را نشان دهد. از مقایسه این دو مدل مشاهده شد شعاع زون پلاستیک ایجاد شده با افزایش عمق حفاری تونل افزایش یافته است. لازم به ذکر است که مدل رفتاری موهر کولمب پیشرفته (افزایش پارامترهای مقاومتی متناسب با افزایش عمق) به علت برخورداری از پارامترهای ورودی ساده نسبت به مدل‌های رفتاری پیشرفته مشابه (مدل خاک سخت شونده) بعنوان مدل رفتاری جایگزین و مناسب برای تعیین ماکزیمم میزان نشست سطح زمین در خاک‌های همگن پیشنهاد می‌گردد.

مراجع

Brinkgreve, R.B.J., Plaxis 2D- Version 8.2. (2002)., user manual, Delft University of Technology & PLAXIS B.V., Netherlands.

Dawson, E. M., Roth, W.H. and Drescher, A. (1999). "Slope stability analysis by strength reduction," Géotechnique, 49(6): 835-840.

Ericle, W.G. and Animateur, L., (2007) "Settlement induced by tunneling in soft ground", Tunnelling and Underground Space Technology, No.22.

بیوگرافی

آقای رسول فرج‌نیا دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی عمران - ژئوتکنیک می‌باشد. ایشان دارای ۷ سال سابقه بوده که ۵ سال آن در قدس نیرو می‌باشد. زمینه علاقمندی آقای رسول فرج‌نیا پایداری فضاها، زیرزمینی، شیروانی‌های خاکی، طراحی سدهای خاکی و سنگریزه‌ای و تعیین ظرفیت باربری پی‌های سطحی می‌باشد.

Email: Rfarajniya @Yahoo.com

مدیریت ریسک و یکپارچه سازی خطوط انتقال

بابک فرهمندشاد

کارشناس ساختمان - SBU نیروگاه

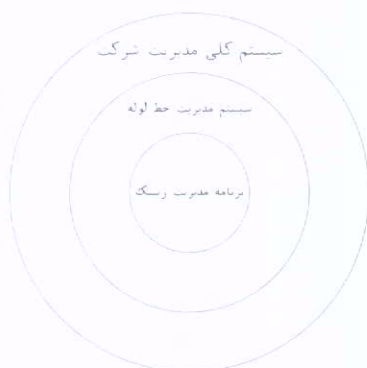
چکیده

نهادهای نظارتی در کانادا، امریکا و انگلستان حرکتی رو به جلو را از روش های سنتی و تجویزی طراحی و بهره برداری خطوط لوله به سوی مدیریت ریسک به عنوان سریع ترین و مقرون به صرفه ترین روش نگهداری و بهبود ایمنی در دستور کار خود قرار داده اند. مدیریت ریسک ترکیبی است از ارزیابی ریسک و کنترل آن. علاوه بر این، بهره برداران و مراجع قانونی اهمیت و کاربرد سودمند سیستمهای مدیریتی را به خوبی شناخته و آن را به رسمیت شناخته اند. سیستم مدیریت خطوط در حال تبدیل به یک الزام ضروری در تمام کشورهای عضو انجمن اروپا در آینده نزدیک است. بنابراین متصدیان امر بایستی از این سیستم ها و روش های جدید آگاه باشند. این مقاله روشهای مدیریت ریسک و سیستم های مدیریتی را به خواننده معرفی می نماید، و این دو را برای تولید یک سیستم جامع مدیریت ریسک که در برگزیده طرح های فوری و روند شکل گیری آنها با توجه به کاربرد آنها در سیستم خطوط لوله می باشد، ترکیب می کند.

واژه های کلیدی: مدیریت ریسک، یکپارچه سازی، سیستم مدیریت خطوط لوله

۱- مقدمه

کارایی و اثرگذاری اقتصادی مورد بازبینی و ممیزی قرار می گیرد، گرد هم می آورد. سیستم مدیریت خط لوله قسمتی از یک سیستم مدیریتی کلی در ارتباط با خط لوله است. بنابراین، سیستم مدیریت ریسک به شرکت ها اجازه می دهد تا برنامه های مدیریت ریسک (شناسایی، ارزیابی و کنترل) بصورت سیستمی اجرا، بازبینی و ممیزی شود.



شکل (۱): طرح مدیریت ریسک در سیستم مدیریتی شرکت

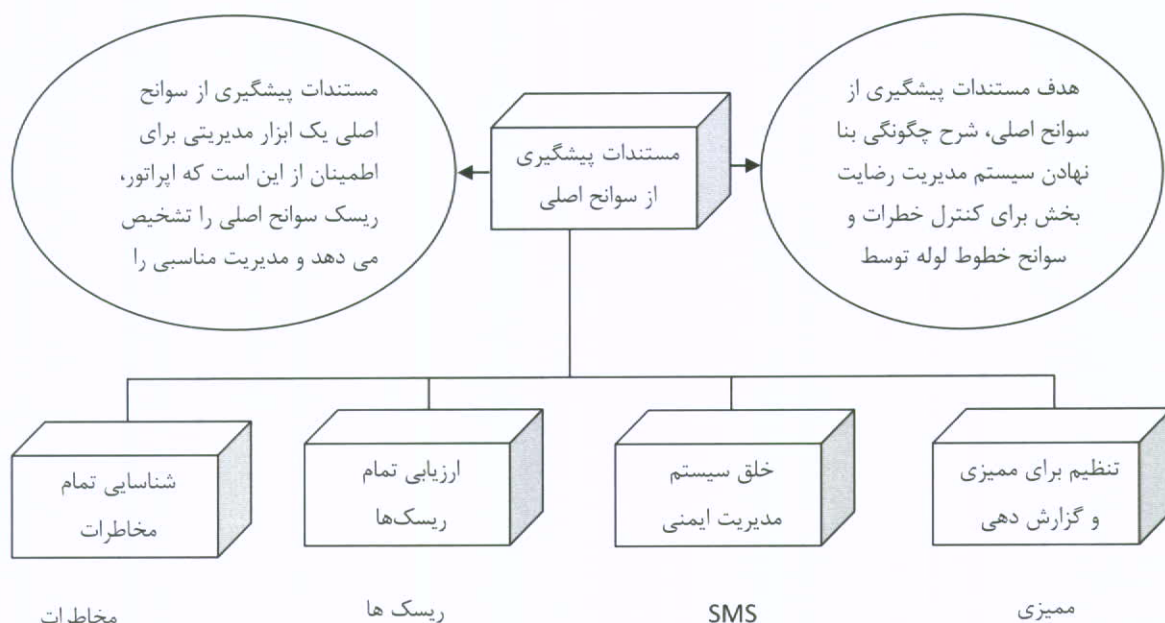
این مقاله روش ها و سوابق مدیریت ریسک را ارائه می دهد. همچنین شامل سیستم های مدیریتی ساده برای متصدیان خطوط است تا آن را در موقعیت های درگیر با روش های مدیریت ریسک بکار برند.

خطوط لوله باید روش ایمنی برای انتقال انرژی فراهم کند، متصدیان و گروه های عملیاتی باید اطمینان حاصل کنند که مردم، محیط زیست و اموال عمومی از هر مخاطره ای که در ارتباط با خطوط لوله پیش خواهد آمد، محافظت می شوند. اغلب متصدیان خطوط، این ریسک ها را با برآورده کردن الزامات عنوان شده در آئین نامه ها، نشریات، دستورالعمل ها و استانداردهای ملی کنترل می کنند. روش های تنظیمی و نظارتی عموماً قابلیت سازگاری و انطباق با خطوط مختلف با نیازهای گوناگون و مخاطرات و حوادث مرتبط با آن ها را نخواهند داشت. این موضوع، مشکلات دوگانه ای را در بر خواهد داشت: ۱. عدم نمایان شدن ریسک های جدید و بالقوه ۲. ایجاد یک محیط غیر قابل انعطاف برای متصدیان به نحوی که نمی توانند از فن آوری های نوین در جهت شناسایی و تخفیف ریسک های کلیدی بهره ببرند.

۲- حرکت به سوی سیستم های مدیریتی

متصدیان و مسئولین خطوط، اهمیت و سودمندی سیستم های مدیریتی رسمی را پذیرفته اند. در آینده ای نزدیک، سیستم مدیریت خطوط به عنوان یک الزام ضروری در تمام کشورهای عضو انجمن اروپا در خواهد آمد. سیستم های مدیریت، ساختار تشکیلات، مسئولیت ها، تعهدات و فرآیندهای شرکت ها را در یک مدرک که دائماً برای کنترل کیفی

۳- مستندات پیشگیری از سوانح اصلی



شکل (۲): الزامات یک مدرک پیشگیری از سوانح اصلی

ارتباط با تدارکات و تجهیزات) هستند. به این منظور، آنها نیازمند یکپارچگی و بی نقصی می باشند. این کمال معمولاً به احتمال کم یا ضعیف شکست و خرابی (عدم انتقال سیال) تفسیر می شود. ریسک توسط ترکیب احتمال یک حادثه خطرآفرین با پیامدهای آن محاسبه می شود:

ریسک: تابعی متشکل از متغیرهای احتمال وقوع حادثه و پیامدها و نتایج منطقی حاصله از آن احتمال خرابی و پیامدهای آن بسته به نوع خط لوله، جنس محصول تولیدی بکار برده شده و اقلیم و محیط زیستی که خط لوله در آن اجرا شده است متنوع می باشد. احتمالات خرابی نمودار تمامی حالاتی است که باعث ناکارآمدی و خرابی خط لوله در طول بهره برداری خواهد شد.

تجزیه و تحلیل پیامدهای حاصل از خرابی به عواملی مانند: میزان و تعداد نشت خط، سمیت محصول تولیدی، تولید و انتشار و انفجار ابر بخار و اشتعال حاصل از آن، مخاطرات مربوط به تشعشعات حرارتی و غیره بستگی دارد.

۴-۱-۱- چگونه با ریسک مقابله کنیم؟

به گونه سنتی، خطوط لوله بر اساس استانداردهای طراحی نظیر استاندارد خطوط لوله امریکا (ASME B31.4/8) طراحی می شوند. اکثر استانداردهای ملی و بین المللی طراحی خطوط بر اساس استاندارد انجمن مهندسان مکانیک امریکا ASME پایه ریزی شده است.

در این استانداردها از حدود قطعی استفاده می شود یعنی ۷۲ درصد تنش حداقل مقاومت تسلیم مشخصه فشار طراحی،

مستندات پیشگیری از سوانح اصلی (MAJOR ACCIDENT PREVENTION DOCUMENTS) یک ابزار مدیریتی است برای اطمینان از اینکه اپراتور، ریسک سوانح اصلی را تشخیص داده و سیستم مدیریتی ایمن مناسب با آن را برای کنترل این ریسک ها معرفی نماید (شکل ۲). هدف این است که این مدرک توضیح دهد چگونه اپراتور، سیستم های مدیریتی رضایت بخش را بنا کند تا سوانح اصلی و بزرگی که برای خطوط پیش می آید کنترل گردد.

۴- سیستم مدیریت ایمنی

مدرک پیشگیری از سوانح اصلی باید بوسیله سیستم مدیریت ایمنی پشتیبانی شود تا ایمنی خط لوله در طول چرخه حیاتش کنترل گردد. سیستم مدیریت ایمنی باید مقدمات پیش گیری، کنترل و کاهش پیامدهای سوانح بزرگ را تحت پوشش خود قرار دهد. که شامل توجه ویژه به صلاحیت ها و شایستگی های مدیریتی و رویه های ضروری برای کاهش امکان اتفاق این رخدادها می باشد.

ترکیب مدارک پیشگیری از سوانح و سیستم مدیریت ایمنی مطابق با خط مشی کلی نشان داده شده در شکل ۲ و هم ارز با "برنامه ریسک" و "سیستم مدیریت خط لوله" که در آینده شرح داده خواهد شد می باشد.

۴-۱-۲- "ریسک" چیست؟

تمام متصدیان خواستار خط لوله ای ایمن (ریسک های اصلی در رابطه با مردم و محیط زیست) و امن (ریسک های اصلی در

بر مبنای مفروضات محافظه کارانه نظیر حداقل ضخامت جدار دیواره. معمولاً به این حدود یک ضریب اطمینان اختصاص داده می شود. بطور مثال، در آزمایش هیدروتست قبل از شروع به کار خط لوله، تنش تسلیم حداقل مشخصه **specified minimum yield stress (SMYS)** ۱۰۰ درصد به این معناست که ۷۲ درصد تنش تسلیم حداقل مشخصه با ضریب اطمینان ۱۰۰/۷۲ برای فشار در ابتدای عمر خط لوله در نظر گرفته شده است.

بنابراین، با محدود کردن فشار، اطمینان می یابیم که احتمال کمی از خرابی خط لوله وجود دارد- این نیمی از معادله ریسک که در بالا ذکر شد می باشد. "احتمالات مربوط به پیامدهای منطقی" در خطوط انتقال مایعات بوسیله احتمال ضعیف خرابی کاهش می یابد، اما در خطوط انتقال گاز، پیامدها با محدود کردن نفراط (ساختمانهایی) که در مجاورت خط لوله هستند، محدود می شود.

مشاهده می شود که استانداردها و دستورالعمل های موجود خط لوله ولو بطور ضمنی به احتمال خرابی و پیامدهای آن اشاره کرده اند. از این رو، زمانی که متدهای مدیریت ریسک را به کار می بریم باید احتمالات خرابی و پیامدهای آن نیز نشان داده شود، این نکته به خوبی با استانداردهای گذشته سازگاری و همخوانی دارد.

۴-۱-۲- چگونه می توان مدیریت ریسک را با مدیریت یکپارچگی خط لوله پیوند داد؟

بطور سنتی، اپراتورها یکپارچگی خط لوله را به عنوان مقیاس خوبی برای احتمال شکست، و ایمنی خط را به عنوان پیامدهای خرابی در نظر می گیرند. بنابراین، اپراتورها اغلب دو وجه متمایز "سیستم های مدیریت یکپارچگی خط لوله" و "سیستم های مدیریت ایمنی" را خواهند داشت. در این مقاله، این دو مفهوم را برای رسیدن به خط مشی واحدی به نام "مدیریت ریسک" ترکیب خواهیم کرد.

۴-۱-۳- مدیریت ریسک (و مدیریت یکپارچگی) چیست؟
مدیریت ریسک ترکیبی از دو مورد اشاره شده (تحلیل شکست و تحلیل آثار و عواقب) است، جایی که ارزیابی و کنترل ریسک را با هم در نظر می گیریم. این مهم توسط دفتر ایمنی خطوط لوله آمریکا به این عنوان تعریف شده است:

"فرایند جامع پشتیبانی از تصمیمات مدیریتی، که به عنوان یک برنامه اجرا می شود، قوانین و تعهدات و مسئولیت ها را به منظور بهره برداری، نگهداری، مدیریت مهندسی و تصمیمات نظم دهنده اپراتور در هر روز یکپارچه می کند."

بنابراین، از این پس "مدیریت ریسک" با دو نمود شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک و مدیریت یکپارچگی در نظر گرفته می شود (جدول ۲) که سه قسمت کلیدی زیر را تحت پوشش قرار می دهد:

۴-۱-۳- مدیریت ریسک (و مدیریت یکپارچگی) چیست؟
مدیریت ریسک ترکیبی از دو مورد اشاره شده (تحلیل شکست و تحلیل آثار و عواقب) است، جایی که ارزیابی و کنترل ریسک را با هم در نظر می گیریم. این مهم توسط دفتر ایمنی خطوط لوله آمریکا به این عنوان تعریف شده است:

"فرایند جامع پشتیبانی از تصمیمات مدیریتی، که به عنوان یک برنامه اجرا می شود، قوانین و تعهدات و مسئولیت ها را به منظور بهره برداری، نگهداری، مدیریت مهندسی و تصمیمات نظم دهنده اپراتور در هر روز یکپارچه می کند."

بنابراین، از این پس "مدیریت ریسک" با دو نمود شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک و مدیریت یکپارچگی در نظر گرفته می شود (جدول ۲) که سه قسمت کلیدی زیر را تحت پوشش قرار می دهد:

جدول (۱): رده بندی ضریب اطمینان بر اساس ASME B31.8

رده بندی	منطقه	ضریب طراحی (تنش حلقوی تقسیم بر تنش تسلیم حداقل مشخصه)
رده اول (قسمت اول)		۰.۸۰
رده اول (قسمت دوم)	تا ۱۰ ساختمان (روستایی)	۰.۷۲
رده دوم	۱۱ تا ۴۵ ساختمان (مناطق حومه شهر)	۰.۶۰
رده سوم	۴۶ ساختمان به بالا (حومه مسکونی شهر)	۰.۵۰
رده چهارم	ساختمان های چند طبقه	۰.۴۰



آشکارا، مشخص است که برآورد و ارزیابی ریسک نقطه کلیدی آغاز می باشد. ارزیابی ریسک نیازمند مهارت‌های تخصصی است، و باید دقیقاً مدیریت شود. شکل (۴) پروسه کامل ارزیابی ریسک را به اجمال نشان می دهد.

اکنون می توانیم سیمای متعارفی از مدیریت ریسک را با فرآیندی که بر ارزیابی ریسک متمرکز شده است ببینیم (شکل ۴)، که شامل کنترل ریسک و سیستم پشتیبان تصمیم گیری و پایش کارایی و بازخورد نیز می باشد (شکل ۳).

۴-۱-۴- چگونه می توان برنامه مدیریت ریسک را بسط و توسعه

بخشید؟

این مقاله سعی بر آن دارد که طرح کلی و رؤس مطالب یک برنامه کامل مدیریت ریسک را در قالب یک فرم سیستمی ارائه کند. عناصر این برنامه با جزئیات در شکل (۳) برای برنامه مدیریت ریسک امریکا استفاده شده است و خط مشی ارزیابی ریسک را براساس شکل (۴) اتخاذ کرده است. علاوه بر این شامل رویه های

الف. شناسایی و ارزیابی ریسک (تحلیل)

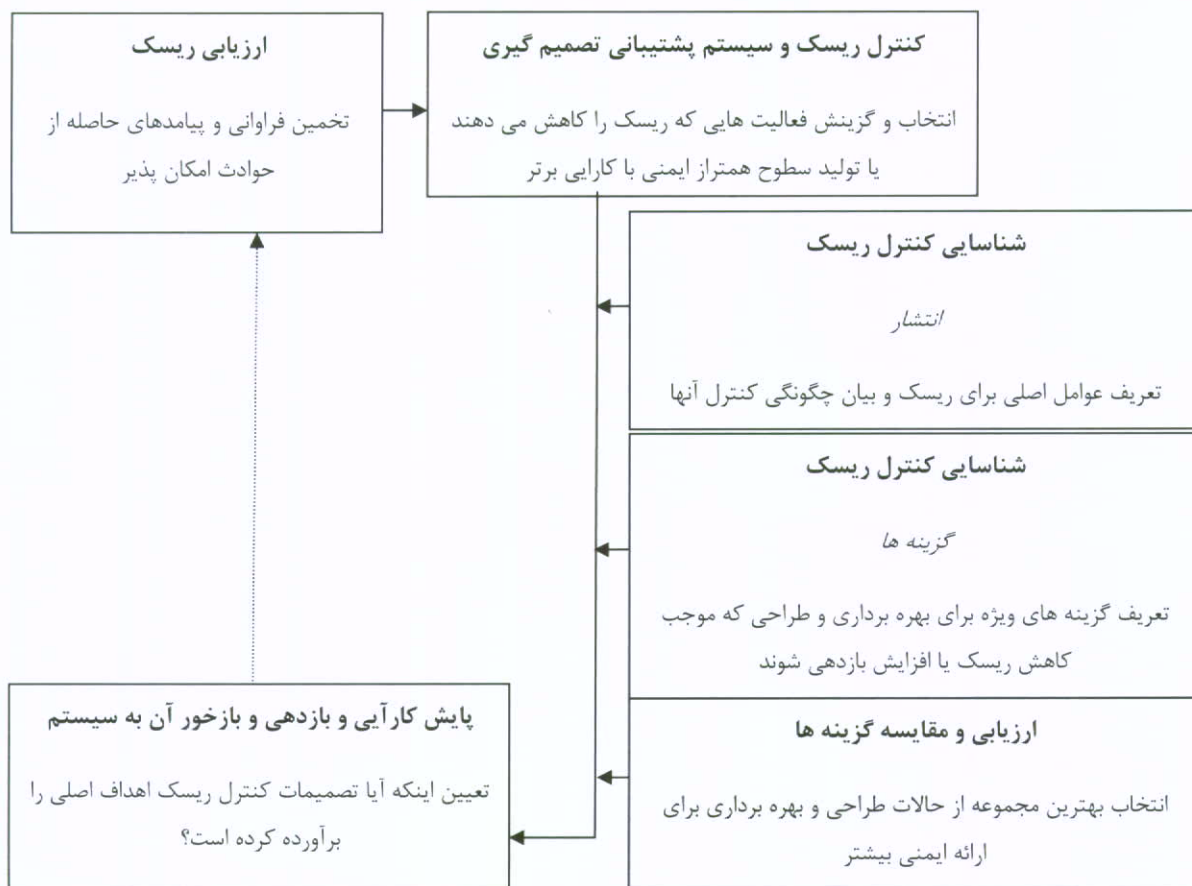
چه نوعی از ریسک متوجه پروژه خواهد شد؟ چه رخدادهای خطرناکی می توانند اتفاق افتند؟ احتمال اتفاق این رویدادها چقدر است؟ شدت و حدت پیامدهای آن چگونه خواهد بود؟ احتمال افزایش اتفاق کدام ریسک بیشتر است؟

ب. سیستم پشتیبان تصمیم گیری و کنترل ریسک

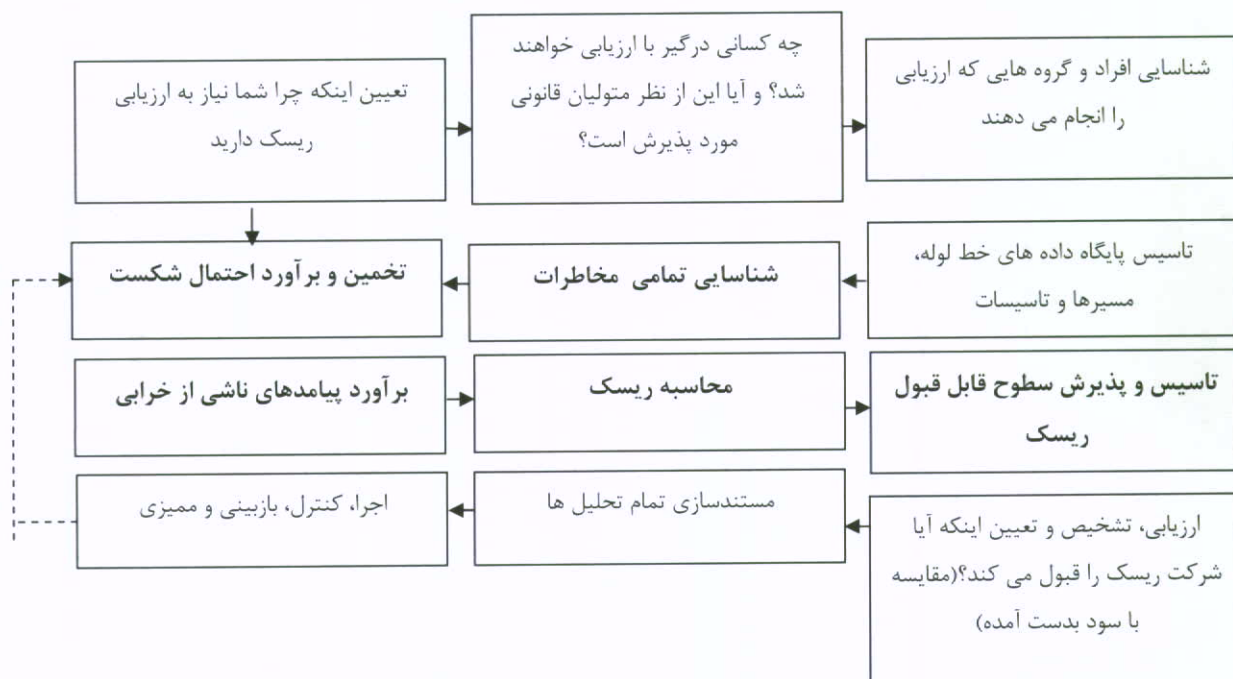
چه کاری باید برای کنترل ریسک انجام گردد؟ چه گزینه هایی در ارتباط با کنترل ریسک هستند؟ چه مجموعه ای از فعالیتها بهترین راه برای نائل آمدن و دستیابی به اهداف مدیریت ریسک است؟

ج. پایش بازده و بازخورد

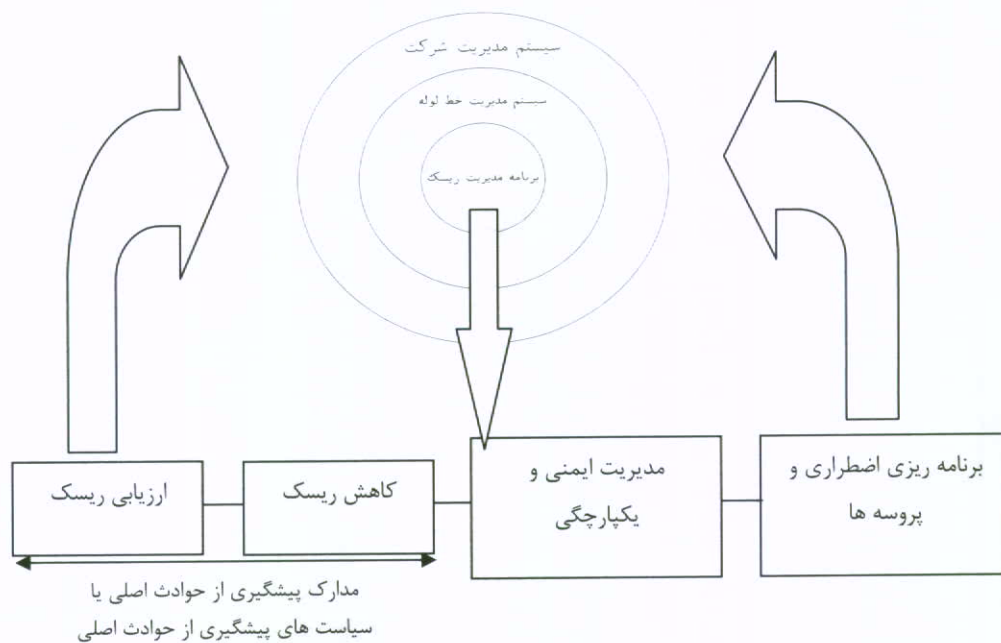
چه پیشرفتهایی را از تصمیمات کنترل ریسک انتظار داریم؟ چه اقدامات پیشگیرانه ای بهترین نتایج را در پی خواهد داشت؟ آیا فعالیت های انتخابی برای کنترل ریسک اثر مطلوب را خواهند داشت؟ چگونه می توان پروسه مدیریت ریسک را بهبود بخشید؟ شکل (۳) جمع بندی مطالب بالا است.



شکل (۳): مدیریت ریسک - خط مشی پذیرفته شده در امریکا



شکل (۴): اجزای کلیدی ارزیابی ریسک خط لوله



شکل (۵): نمای کلی طرح کامل مدیریت ریسک که شامل سیستم مدیریت خطوط نیز می شود.

۴. برنامه ها و طرح های اضطراری و فوریتی جهت

پشتیبانی مورد سوم (شکل ۵)

۵. سیستم مدیریتی که به شرکت کمک کند که به اهداف

ذکر شده در بندهای ۱ و ۴ نایل آید (شکل های ۱ و ۵)

بنابراین، ابتدا روش ها و سیستم های مدیریت که برنامه های مدیریت ریسک را شامل می شود توضیح داده (شکل ۱) سپس نگاهی اجمالی به تکنیک های مدیریتی خواهیم داشت.

۵- سیستم مدیریت خطوط

سیستم مدیریت خط لوله در شکل (۶) نشان داده شده است. این یک ساختار پیشنهادی است، شرکت های مختلف به ساختارها، اشکال و اولویت های مختلفی نیاز خواهند داشت. گرچه قالب کلی باید احتیاجات اغلب شرکت ها و همچنین نهادهای نظارتی، مقرراتی، گردانندگان و متولیان را برآورده نماید.

هر کدام از بازوهای سیستم در شکل (۶)، بایستی شامل تمامی از این رو، تنها اجرای برنامه پایش ریسک و یکپارچگی خط لوله کافی نیست (گرچه خوب است)، بلکه برنامه باید دائما مورد بازبینی و ممیزی قرار گیرد تا کفایت و شایستگی آن آزموده شود، و بررسی شود که بصورت کامل و صحیح به کار برده می شود.

اضطراری و برنامه ریزی های فوریتی نیز خواهد شد. تمام این عناصر در برنامه و طرح مدیریت ریسک در سیستم مدیریت خطوط در نظر گرفته خواهد شد (شکل ۱)، نکته مهم اطمینان از اجرای تمام برنامه، سنجش، بازبینی، ممیزی و اصلاح آن است.

باید به این نکته تاکید شود که در این مقاله فقط با سیستم مدیریت ریسک سر و کار داریم. ارزیابی ریسک، عنصر کلیدی برای موفقیت و ایمنی خط لوله است. ارزیابی ریسک و برآورد احتمال خطر نیازمند مهارت های ویژه و روش های خاصی است و مستلزم تصمیمات به تفصیل درآمده و با شرح جزئیات با سایر گروه های ذینفع بویژه نهادهای نظارتی می باشد.

مدل مدیریت ریسک که به تفصیل در شکل (۵) نشان داده شده است، تمام جوانب ایمنی سیستم خط لوله را در بر می گیرد.

۴-۱-۵- چگونه می توان مدیریت ریسک را در شرکت اجرا نمود؟

می توان مراحل اجرای مدیریت ریسک را به شرح زیر عنوان نمود:

۱. شناسایی تمامی خطرات احتمالی خط لوله (مانند

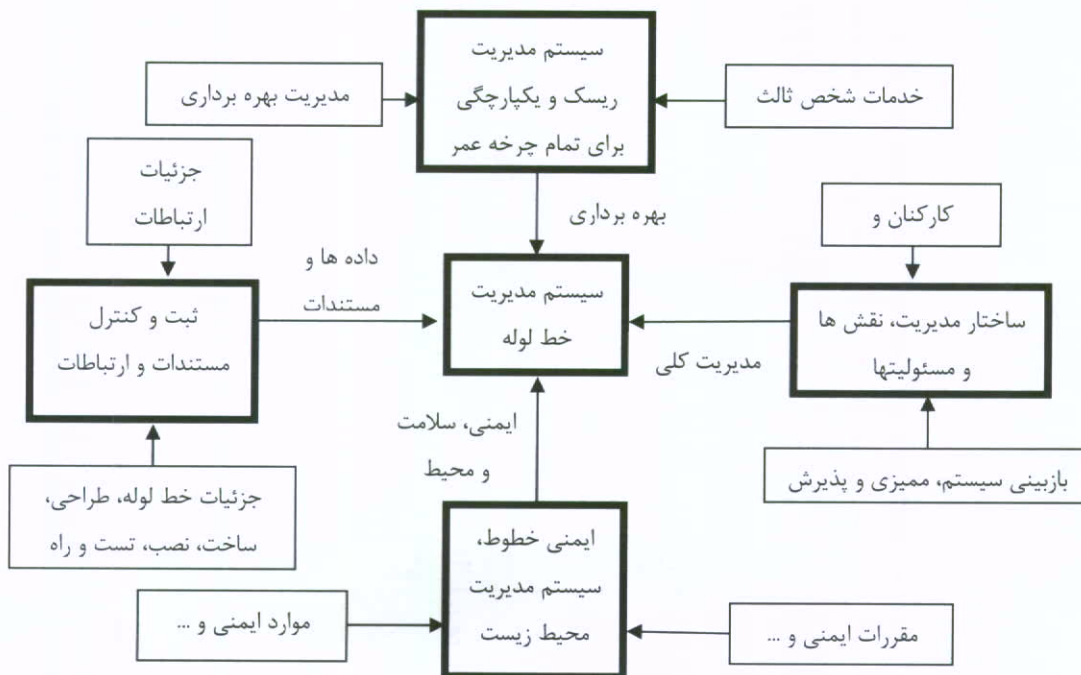
خوردگی)، (شکل های ۳ و ۴)

۲. فرآیند کلی تعیین و سنجش کمیت موارد فوق (نظیر

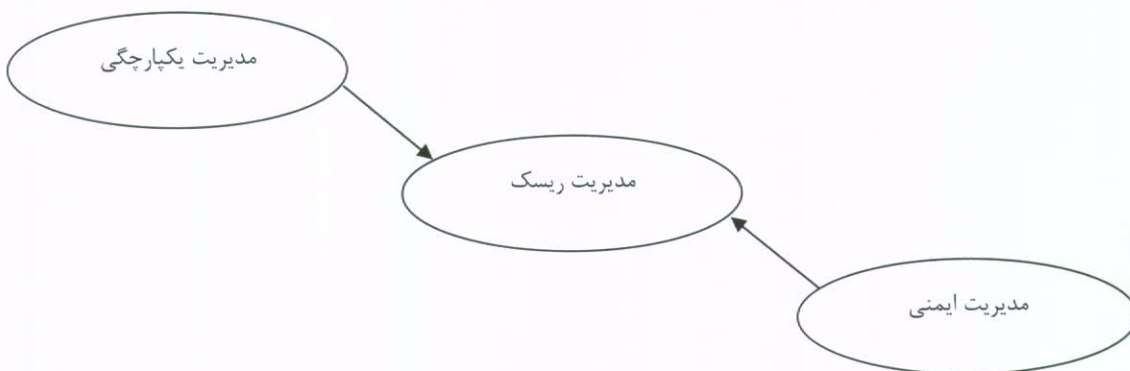
آنالیز ریسک)

۳. شناسایی و تعیین پیشگیری ها برای تخفیف خطرات

احتمالی و ریسک ها (مانند حفاری هوشمند)



شکل (۶): سیستم مدیریت خط لوله



شکل (۷): چگونه سیستم مدیریت ریسک اجزای مدیریت ایمنی و یکپارچگی را با هم گردآوری می‌کند
(به جدول ۲ رجوع شود)

۵-۱- سیستم‌های مدیریت ریسک خط لوله

تصور سیستم مدیریت خطوط با اشکال فوق دشوار خواهد بود. گرچه، نسبتاً سیستم آسانی برای عمل در قالب یک مدرک که بطور صریح و واضح تکالیف، مأموریت‌ها، مسئولیت‌ها، سیاست‌ها و رویه‌ها در آن تنظیم شده است به خود خواهد گرفت. اجزای اصلی سیستم مدیریت بطور خلاصه بصورت زیر جمع بندی می‌شوند:

۵-۲- سیستم مدیریت ریسک کلی

برای ساخت سیستم مدیریت ریسک خط لوله جدول (۲) به کار برده می‌شود. در این جدول، آیتم ۸ برنامه مدیریت ریسک، آیتم ۹ مدیریت یکپارچگی، آیتم ۱۰ و ۱۱ مدیریت فوریت‌های اضطراری و دیگر آیتم‌های تشکیل دهنده سیستم می‌باشند.

۶- معیارهای اندازه‌گیری کارایی

همانگونه که توضیح داده شد، این معیار شامل سنجش کارایی، بازبینی و ممیزی و رسیدگی است که همه آنچه که گفته شد را به یک سیستم تبدیل می‌کند. اغلب آیتم‌های جدول ۲ شامل سیستم مدیریت خطوط است و از این رو نیازی نیست که سیستم مدیریت ریسک سند بزرگی باشد. معیارهای کارایی به سختی توسعه پیدا کرده و مورد توافق نهادهای قانونی قرار می‌گیرند.

۱. معیارهای کارایی به دشواری در یک برنامه کوتاه تفسیر می‌شوند.
۲. معیارهای کارایی عمدتاً برای ایمنی و قابلیت اطمینان بر اساس پیامدها می‌باشند (مثلاً تعداد سوراخ‌ها و نشت‌ها)

۳. روند کارها می‌توانند سودمند باشند، مثلاً افزایش در فراوانی وقوع یک رخداد.

بطور کلی، سه معیار می‌تواند پیشنهاد شود:

الف. ایمنی و قابلیت اطمینان - چگونه اطلاعات یک رخداد تغییر می‌کند، چگونه ریسک‌های جدید و قدیمی شناسایی و تعریف می‌شوند، آیا خدمات برتر و بهتری برای مشتریان وجود دارد؟ (بطور مثال کاهش موارد شکایت، مدت از کار افتادگی و غیره).

ب. اثربخشی منابع - آیا فن‌آوری‌های نوین، بکار گرفته شده و آموزش داده می‌شوند؟ آیا زمانی که برنامه مدیریت اجرا می‌شود منابع مورد نیاز بطور مستقیم کاهش پیدا می‌کند؟

ج. ارتباطات و شراکت‌ها - آیا تمام سهام‌داران و ذینفعان پروژه (پراتورها، متصدیان، نهادهای نظارتی، مشتریان و عامه مردم) تمام ریسک‌های موجود را درک و احساس می‌کنند و با آن کنار آمده‌اند؟ آیا تمام سهامداران نتایجاً با یک گفته مستدل به گونه‌ای فعالانه درگیر برنامه شده‌اند؟

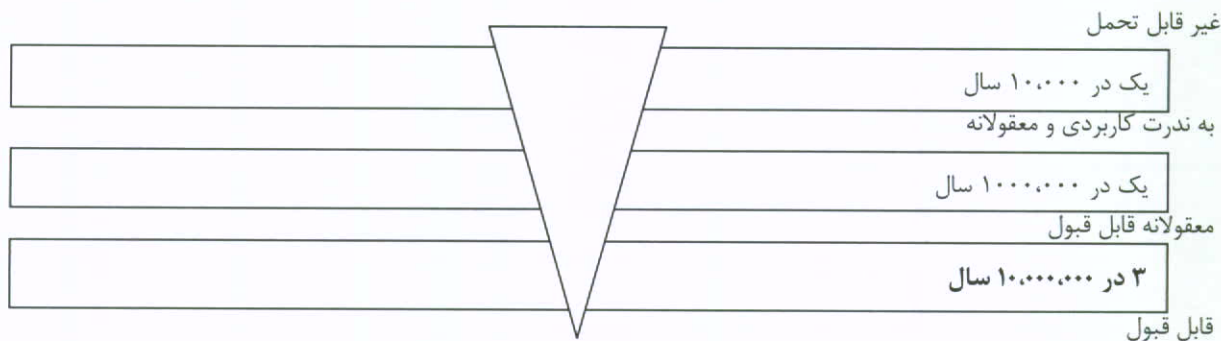
۷- ریسک‌های "پذیرفتنی" و احتمال شکست

یکی از جنبه‌های تحلیل ریسک تنظیم سطوح "قابل پذیرش" ریسک است. در این مورد راهنماهای متنوعی وجود دارد، بطور مثال انگلستان بر روی طرح کاهش ریسک تا حد کاربردی و معقول کار می‌کند (جدول ۲) وقتی ریسک‌ها برای مردم در نظر گرفته می‌شود (شکل ۸).

جدول (۲): سیستم مدیریت ریسک

۱. معرفی:
آشنایی اولیه با اهداف، آرمانها، خط مشی و تکالیف شرکت، اداره شرکت.
۲. شرح سیستم های خطوط لوله و حقوق قانونی:
تبادل اطلاعات با دیگر اپراتورها، شرح طراحی، ساخت، استانداردها، دستورالعمل های قانونی و لازم الاجرا.
۳. سازماندهی و کنترل:
ساختاردهی، جوابگویی، مسئولیت پذیری، سازمان دهی، روابط ساختاری بین دیگر گروه ها و بدنه ها، یکپارچه سازی در شرکت و سیستم های مدیریت خطوط لوله
۴. پرسنل کلیدی:
نقش ها، مسئولیت ها و تعهدات، صلاحیت ها، آموزش و به روز کردن مهارت ها
۵. گروه های ذینفع (سهامداران و سرمایه گذاران):
فهرست تمامی ذینفعان با منافع و روابطشان. اطلاعات باید به تمام سهامداران داده شود (جزئیات عملیات خط لوله، جزئیات سیستم، ریشه خطرات و سوانح اصلی، روندها و رویه ها) که شامل ارتباطات در زمان وقوع سانحه می شود) و اطلاعاتی که در ارتباط با طرح های فوریتهای و پروسه های مربوط به آن می شود.
۶. مستند سازی و سیستم های ارتباطی:
انواع، روش ها، موقعیت ها، بازخورد از به پرسنل و سهام داران.
۷. مدیریت تغییر:
جزئیات تغییرات و تحولات مدیریت و مهندسی
۸. تحلیل ریسک، ارزیابی و کنترل برای طول عمر مفید خط لوله:
متدولوژی (اسلوب شناسی) با توجه به شروط، محدودیت ها و مفروضات- نوع سانحه/ریسک، رخدادهای ناگوار، احتمالات، درصد تکرار دوباره، پیامدها، تعاریف، تحلیل حساسیت و تردید، مراحل پذیرش، شناسایی ریسک های اصلی، کنترل آنها، ارزیابی گزینه های کنترل، روش های پیشگیری و کاهش ریسک، سطوح پذیرش. تاکید بر شناخت تمامی حوادث اصلی و احتمال وقوعشان، آغاز ایجاد یک سانحه، ابعاد آن، شدت و پیامدهای ناگوار حاصل از آن. احتمال رخداد حوادث باید در حد معقولانه حذف یا تقلیل پیدا کند، در جایی که سوانح قابل حذف نیستند، تدابیر امنیتی مناسبی اتخاذ گردد.
۹. مدیریت یکپارچگی - کنترل، تعمیر و نگهداری، بررسی و بازدید سیاست ها، پروسه ها و ویژگی ها:
الف. کنترل، کاهش و نظارت بر فرسایش و خوردگی داخلی و تخریب خارجی ب. کنترل و نظارت بر موقعیت هندسی خط لوله، نشست ها، کنترل حرکات و جابجایی زمین ج. کنترل و نظارت بر فشار و افزایش بیش از حد آن د. تعریف و تهیه گزارش های موردی خرابی، تحقیقات موردی و تجزیه و تحلیل آنها ه. تهیه فهرست کاملی از پروسه های نظارت بر درستی و یکپارچگی خط لوله، مسئولیت ها و تعهدات و. تعمیر، اصلاح و پروسه های فوریتهای و متدهای مربوط به آن ز. طرح های فوریتهای و ارتباط آن با دیگر خدمات ح. اطلاعات و مدارکی که در ارتباط با یکپارچگی خط لوله هستند ط. اظهار برآورده کردن و تطابق با دستورالعمل ها و قوانین ایمنی خطوط
۱۰. برنامه ریزی برای شرایط اضطراری:
افراد و اشخاص مسئول و جوابگو، ارتباطات و روابط بین نقش های ایفا کننده، اقدام برای کنترل، پیامدها و حدود هر اتفاق، سیستم های هشدار دهنده و اعلام خطر، اطلاعات، ارتباطات، آموزش خدمات فوریتهای.
۱۱. پروسه های فوریتهای:
شرح و تفصیل فرآیند، نقش ها و مسئولیت ها، آزمایش ها، به روزآوری، ارتباطات و سازگاری و انطباق با خدمات محلی و پروسه ها.
۱۲. معیارهای کارایی و بازده:
الف. شرح معیارهای کارایی، ب. ارزیابی معیارها، ج. فرآیند اصلاح و بهسازی
۱۳. بازبینی سیستم مدیریت - مسئولیت پذیری و متناوب بودن
۱۴. بازبینی مدیریت - مسئولیت پذیری و متناوب بودن
۱۵. رسیدگی و بازرسی تمام اجزا و پروسه ها - اجرای تغییرات و بازخوردها

می توان دید که چگونه سیستم مدیریت ریسک تمام جنبه های ایمنی و یکپارچگی خط لوله را گردآوری می کند (شکل ۷).



شکل (۸): ریسک های "قابل پذیرش" (تلفات، تصادفات و خسارت ها) برای مردم انگلستان

احتمالات شکست و خرابی "قابل پذیرش" در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول (۳): احتمالات شکست "قابل پذیرش / هدف"

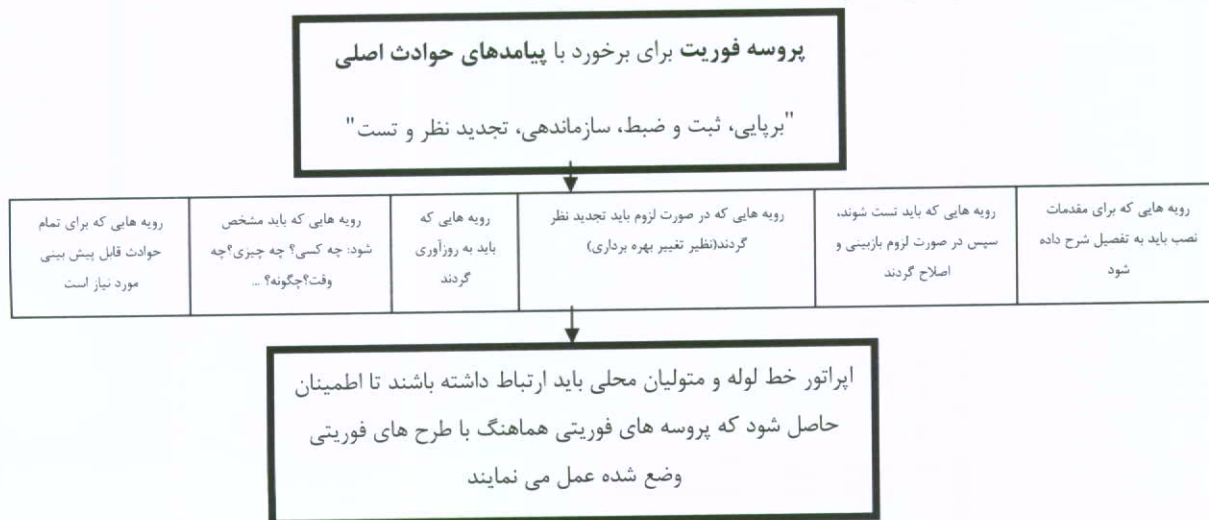
غیر ساحلی	احتمالات قابل قبول خرابی (در سال)		
حدود ایالت	منطقه ایمن	آبهای آزاد	
نهایی	۱۰-۵ - ۱۰-۶	۱۰-۳ - ۱۰-۴	
با قابلیت استفاده	۱۰-۱ - ۱۰-۲	۱۰-۱ - ۱۰-۲	
ساحلی	احتمالات شکست هدف (در کیلومتر)		
حدود ایالت	خیلی جدی (شهری)	با خطر کمتر (نقاط دور افتاده)	با قابلیت تعمیر
نهایی	۱۰-۷	۱۰-۴	
با قابلیت استفاده			۱۰-۳



شکل (۹): اجزای کلیدی برنامه ریزی شرایط اضطرار

۸- رویه ها و پروسه های زمان اضطرار

شرح مختصری از الزامات در شکل (۱۰) ارائه شده است.



شکل (۱۰): اجزای کلیدی رویه های فوریتی جهت استقرار در سیستم مدیریت ریسک

۹- مسیر پیش رو

بخش قبل رئیس کلی سیستم مدیریت ریسک خطوط را در بر داشت. اکنون گام بعدی در رابطه با درگیر کردن این سیستم با شرکت تولیدی خط لوله می باشد. مسیر برتر برای تعقیب این گام ها (جدول ۲) و تولید سیستم "بر مبنای کاغذ" می باشد. هسته این سیستم، آنالیز ریسک خواهد بود (آیتم ۸، جدول ۲). این آنالیز می تواند کمی یا کیفی باشد. تحلیل کیفی معمولا در اولین گام ترجیح داده می شود و بایستی ریسک های کلیدی را آدرس دهی کرده و به اپراتور نشان دهد. در صورت لزوم، تحلیل کمی اولین گام را تعقیب می کند، اما در هر دو مورد (تحلیل کمی و کیفی) قضاوت و تحلیل کارشناسانه نیاز خواهد بود. نسخه های آتی این سیستم می تواند در قالب یک نرم افزار به بازار عرضه گردد.

متصدیان و اپراتورهای خطوط لوله قویا توصیه می شوند به اتخاذ این سیستم های مدیریت ریسک برای مزایایی که در بخش ۳ خلاصه و جمع بندی شده است و اقبال به این سیستم ها در سطح بازار صنعت بصورت گسترده ای در حال افزایش است.

۱۰- نتیجه گیری

این مقاله دو گزینه مهم را برای متصدیان خطوط لوله تحت پوشش قرار می دهد: روشهای مدیریت ریسک، و سیستم های مدیریت. این مقاله نشان می دهد چگونه توصیه ها و روش های مدیریت ریسک از آمریکای شمالی و اروپا می توانند ترکیب شوند تا یک سیستم جامع مدیریت ریسک را خلق نمایند. این سیستم شامل تمام جنبه های مدیریت سلامت و ایمنی خط لوله (طرح ها و پروسه های ضربتی، فوریتی) و جانمایی آن در سیستم کلی مدیریت خطوط لوله می شود.

سیستم مدیریت ریسک می تواند با استفاده از راهبردهای تفصیلی ذکر شده در این مقاله بنا نهاده شود. این امر در ابتدا شاید زمان بر به نظر رسد، بنابراین به حمایت و پشتیبانی تمامی طبقات و سطوح کارکنان و کارمندان نیاز دارد تا بطور موفقی گردآوری و اجرا شود. متصدیان خطوط لوله موکدا به خلق سیستم های مدیریت ریسک به لحاظ فواید ارزشمند و پذیرش و کاربرد فزاینده آنها در صنعت و نهادهای قانون گذار توصیه می شوند.

مراجع:

۱- ایزدپناه، سعید و شهبازی، امین، "استفاده از مدل شاخص گذاری برای ارزیابی ریسک خطوط لوله"، اولین کنفرانس لوله و صنایع وابسته، سالن اجلاس سران - تهران، ۲۶ و ۲۷ تیر ۱۳۸۶

۲- صادق زاده، مجید، "روشی جدید برای ارزیابی کمی ریسک در مورد خطوط انتقال گاز طبیعی"، اولین کنفرانس لوله و صنایع وابسته، سالن اجلاس سران - تهران، ۲۶ و ۲۷ تیر ۱۳۸۶

1. Anon., 'Pipeline Risk Management', Newsletter of the Office of Pipeline Safety, DoT, USA, Vol. 3, Issue 1, May 1998.
2. Anon., 'Risk Management Program Standard', Office of Pipeline Safety, DoT, USA, September 1996.
3. Reid, R. J., 'World's Pipeline Industry, While Safe and Reliable, Must Learn to Cope With Change', Oil and Gas Journal, August 1998, p.28.
4. Anon., The Pipeline Safety Regulations 1996 (SI 1996 No. 825), HMSO, UK, 1996.
5. Anon., 'A Guide to the Pipeline Safety Regulations', Guidance on Regulations', L82, HSE Books, HMSO, UK, 1996.
6. Hopkins, P., Cosham, A., 'How Do You Manage Your Pipeline?', 7th Int. Conference on Pipeline Risk Management and Reliability, Houston, USA, November 1997
7. Anon., 'Regulatory Benchmark6 for the Control of Major Hazards Involving Pipelines', (Draft) Pipelines Safety Instrument, European Commission, Italy, July 1998.
8. Anon., 'Successful Health and Safety Management', Health and Safety Executive Books, HS(G) 65, HMSO, UK, 1995.
9. Hopkins, P., Hopkins, H., Corder, I., 'The Design and Location of Gas Transmission Pipelines Using Risk Analysis Techniques', Risk and Reliability Conference Aberdeen, UK, May 1996.
10. Francis, A., Hopkins, P., Lamb, M., 'How do you Assess the Results of a Limit State Based Pipeline Design?', Conference on 'Risk Based & Limit State Design and Operation', Aberdeen, October 1998
11. Anon., 'Investigation into the King's Cross Underground Fire', HMSO, London UK, 1988. Also 'Management by Memo Led to Fundamental Errors', The Guardian Newspaper, UK, 11th November 1988.
12. Hopkins, P., 'New Design Methods for Quantifying and Reducing the Number of Leaks in Onshore and Offshore Transmission Pipelines, Conf. On 'Leak Prevention of Onshore and Offshore Pipelines', IChemE., London, May 1997.
13. Hopkins, P, M Lamb, 'Incorporating Intelligent Pigging Into Your Pipeline Integrity Management System', Onshore Pipelines Conference, Berlin, Germany, 8-9th December 1997.
14. Anon., 'Risk Analysis, Perception, Management'. The Royal Society, London, UK, 1993.
15. Anon., 'Risk Criteria for Land Use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazards', U.K. Health and Safety Executive, Her Majesty's Stationery Office, London, 1989.

16. Anon., Appendix C, 'Oil and Gas Pipeline Systems', Canadian Standards Association, CSA Z662-94, 1994 (reported in Zimmermann, T., et al 'Target Reliability Levels for Pipeline Limit State Design', International Pipeline Conference - Vol. 1, ASME, p.111).

17. Anon., 'Rules for Submarine Pipeline Systems', Det Norske Veritas, DNV1996, Norway (Reported in Jiao, G., et al, 'The Superb Project: Wall Thickness Design Guideline for Pressure Containment of Offshore Pipelines, Offshore Mechanics and Arctic Engineering Conference, OMAE 1996, Florence, Italy.

بیوگرافی

آقای بابک فرهمند شاد دارای مدرک لیسانس مهندسی عمران از دانشگاه سراسری تبریز بوده و ۱۰ سال سابقه کار دارد. ایشان از اسفند ماه ۱۳۸۸ به عنوان کارشناس سیویل با مدیریت ارشد گازی ۲ همکاری نموده اند. زمینه فعالیت آقای فرهمندشاد طراحی شبکه های جمع آوری آب های سطحی و پساب های بهداشتی می باشد.

Email : bfarahmand@ghods-niroo.com



GHODS NIROO شرکت **ENGINEERING COMPANY** مهندسی **قدس نیرو**

شرکت مهندسی قدس نیرو

با پیش از ۳۰ سال سابقه درخشان

خدمات مشاوره، مهندسی و طراحی جزئیات، تهیه مشخصات فنی، نظارت عالی، نظارت بر اجرا و راه اندازی پروژه‌ها و مدیریت اجرایی را در زمینه‌های زیر ارائه می نماید:

- نیروگاههای حرارتی (بخاری، گازی و سیکل ترکیبی)
- انرژیهای تجدیدپذیر (بادی، خورشیدی.....) و بهینه سازی انرژی
- پستهای فشار قوی
- خطوط انتقال نیرو، شبکه های توزیع نیروی برق و مطالعات سیستم
- سدها و نیروگاههای برق آبی، شبکه‌های آبیاری و زهکشی
- مطالعات زیست محیطی
- خطوط انتقال نفت و گاز
- همکاری با کارفرمایان به صورت مدیریت پیمان "MC"
- اجرا و یا همکاری در پروژه‌های بزرگ به صورت "EPC"



GHODS NIROO ENGINEERING COMPANY (GNEC)

GNEC provides engineering & consultancy services, detail design, rendering technical specifications, project management and site & technical supervisory services in the following fields:

- Power plants (Steam, Gas Turbine & Combined Cycle)
- Renewable Energies (Wind, Solar,.....) Energy Reclamation
- Substations & SwitchYards
- Transmission Lines, Distribution Networks & System Studies
- Dams & Hydropower Plants, Water Transmission Lines, Irrigation & Drainage Networks.
- Environmental Studies
- Oil & Gas Transmission Lines
- Cooperation with Clients in Management of Contract "MC"
- Execution or Participation in major "EPC" Contracts

No, 82 Ostad Motahari Ave
 Tehran 1566775353/IRAN
 Tel: (+9821) 88403613-82404000
 Fax: (+9821) 88411704
 www.ghods-niroo.com

آدرس: تهران، خیابان استاد مطهری.
 بعد از چهارراه سهروردی، شماره ۸۲
 کد پستی: ۱۵۶۶۷۷۵۳۵۳
 تلفن: ۸۲۴۰۴۰۰۰ - ۸۸۴۰۳۶۱۳
 فاکس: ۸۸۴۱۱۷۰۴



تهران ، خیابان استاد مطهری ، چهارراه سهروردی ، شماره ۸۲
 کدپستی : ۱۵۶۶۷۷۵۳۵۳
 تلفن : ۸۸۴۳۰۴۵۴ - ۸۸۴۰۳۶۱۳
 فکس : ۸۸۴۱۱۷۰۴

No.82 , Ostad Motahari Ave.
 Tehran 1566775353 - IRAN
 Tel: 88403613 - 88430454
 Fax: 88411704

info@ghods-niroo.com
 www.ghods-niroo.com

