ارزیابی میزان پایداری سازه ها و تجهیزات شبکه های برق در بخش توزیع در مقابل زلزله (مطالعه و بررسی خاص از شبکه های توزیع تا 20 KV و پستهای زمینی 20 KV مازندران)

سید جواد جعفری سنگ چشمه ـ مدرس دانشگاه
شرکت توزیع نیروی برق مازندران

واژه های کلیدی : شبکه های توزیع ـ پست های زمینی 20 KV ـ شکل پـذیری ـ زلزلـه ـ آسیب پذیری ـ طراحی بر اساس عملکرد

چکیده :

شبکه های توزیع برق از جمله شریانهای اصلی و مهم دریافت انرژی از شبکه های انتقال و پخش آن در نقاط مختلف مصرف را بعهده دارند از این رو هرگونه تلاش در جهت بهینه سازی وضعیت شبکه های توزیع برق و افزایش کـارایی و عمـر تاسیسـات آن، در خـور ستایش خواهد بود، ضمنا تجربه زلزله های گذشته همچون زلزله های رودبار و منجیل و ...نشان داده است کـه بعـد از وقـوع زلزلـه چنانچه شبکه های برق خصوصا توزیع (اعم از پست های بیست کیلوولت و شبکه های فشار ضعیف و متوسط) پایایی لازم را نداشته و آسیب ببینند بطوری که امکان ترمیم و بازسازی سریع وجود نداشته باشد اولین بحران در چنین مواقعی بحران ترس و وحشتی است که در بین مردم به دلیل فرو رفتن در خاموشی شب رخ می دهد، خواهد بود. همچنین کار امداد گران با مشکل روبرو شده که ایـن خـود بحران ناشی از زلزله را تشدید کرده و باعث افزایش خسارت و تلفات خواهد شد. از این رو در این تحقیق سعی کردید تا به اثرات زلزله بر روی این شبکه و پستهای زمینی پرداخته و نتایج و بررسی های بعمل آمده در پایان بیان گردد.

1) مقدمه :

به طور کلی شبکه های توزیع به دو دسته تقسیم می گردند :

1) شبکه های فشار ضعیف .

2) شبکه های بیست کیلوولت .

طراحی این شبکه ها بر اساس نیروهای زلزله صورت نمی گیرد ولی اثرات لرزه ها بر روی اجزاء این شبکه ها . بسیار حائز اهمیت می باشد لذا در این مقاله سعی شده اثر زلزله بر روی پایداری شبکه های توزیع در زمان بهره برداری مورد ارزیابی قرار گیرد.

2) **ارزیابی آسیب پذیری شبکه های توزیع** :

2ـ 1) شبکه های توزیع فشار ضعیف و بیست کیلو ولت

شبکه های توزیع به دو دسته، شبکه های توزیع فشار ضعیف و متوسط تقسیم بندی می گردند. آسیب پذیری و خرابی شبکه های توزیع را می توان در موارد زیر بررسی کرد.

2ـ1ـ1) مقره: در مقره کششی می توان خرابی هر یک از قطعات آن شامل یوبلت ، آیبال، سوکت آی ، بایکلویس ، رولانژ، شیگل را بررسی نمود.

2ـ1ـ2) کابل: نامناسب بودن کابل یا استفاده از کابلهای مستعملی که قبلا در اثر نیروها ی ناگهانی ضعیف شده اند و یا ضعف در اتصال کابلها که میتواند بر روی شبکه اثر بگذارد.

2ـ1ـ3) تیرهای بتنی:

عمده مشکلات در شبکه های توزیع در بخش مقاومت تیرها، چگونگی پر کردن و نوع مصالح فنداسیون تیر، نوع و جنس خاک اطراف فنداسیون تیر چگونگی کاشت تیر و موقعیت مکانی تیر می باشد.

2ـ2) پستهای زمینی بیست کیلوولت

آسیب پذیری پستهای زمینی را در هنگام زلزله می توان در تخریب موضعی یا کلی ساختمان پست، واژگونی ترانس به دلیل مقاوم نبودن سکوی ترانس یا ناودانی زیر ترانس و ...باشد.

2ـ3) ترانسهای هوایی و متعلقات:

آسیب پذیری ترانس های هوایی می تواند شامل زنگ زدگی و یا محکم نبودن ناودانی ها و پشت بندها و اتصالاتی که جمعا به عنوان سکوی ترانس عمل می کنند و همچنین مستحکم نبودن سکوی تابلوها و ضعف تیر و فنداسیون نگهدارنده ترانس باشد.

3) ارزیابی آسیب پذیری شبکه های توزیع مازندران:

به منظور بررسی مقاومت سازه های موجود در شبکه ها در برابر زلزله چند نمونه شبکه از نقاط مختلف از شهرهای استان به دلیل اهمیت و یا خرابیهای مشاهده شده انتخاب شد که این سازه ها شامل تیرها و فنداسیون تیرها و ساختمان پستهای زمینی می باشد. (در پیوست 1 به دو روش بکارگرفته شده توسط سازمان توانیر در آنالیز سازه ها که در این تحقیق نیز استفاده گردید اشاره شده است [1] و [2]و [3] و [4] و [5] و [6])

3-1) ارزیابی آسیب پذیری تیرها و فنداسیون تیرها:

3ـ1-1) مشخصات تیرها و فنداسیون تیرها:

تیرها در انواع بتنی و فولادی با طولهای 9 و 12 و 15 متری تولید شده که در ایران بیشترین کاربرد و تولید را تیرهای بتنی دارا می باشند. دلیل انتخاب این سازه از بین قطعات شبکه های توزیع جهت بررسی و تحلیل به این ترتیب می باشد:

الف) تیرها از اهمیت زیادی برخوردار می باشند. بخصوص بعد از وقوع زلزله در صورت واژگونی یکی از پایه ها قطع کل آن شبکه را در پی خواهد داشت.

ب) در بین قطعات تولیدی که درشبکه بکار میروند، کنترل و نظارت بر تولید، دپو، حمل و بکارگیری تیرهای بتنی بسیار دشوارتر و نیاز به کنترل و نظارت مستمر می باشد.

3ـ1ـ1-1) آنالیز خطی و غیرخطی:

جهت مدلسازی تیرها از نرم افزارهای ANSYS و ETABS90 و SAP 2000 استفاده شده است که تحلیلهای صورت گرفته بصورت استاتیکی و دینامیکی در حیطه خطی و غیر خطی با زلزله های ناغان و طبس انجام گرفته است.

مدلسازی تیر مشکلترین وظیفه طراحی است که نیاز به دانش کافی از رفتار تیر دارد. ضمنا نتایج برای این کار مرجع و مبنای مناسبی برای تصمیم گیری باشد، باید به خوبی تفسیر شود و با هوشیاری مورد بررسی قرار گیرد. از آنالیز درجه اول کامپیوتری تیر تحت اثر بارهای قائم (وزن تیر، سیم و یراق آلات) و افقی (زلزله) بطور همزمان، تغییر مکانها و نیروها به دست می آیند حاصل آنالیز، متشابه نتایج روی هم گذاری هر حالت بارگذار بطور جداگانه خواهد بود در آنالیز اندرکنش بین اثرات بارگذاری قائم و افقی در نظر گرفته نمی شود برای بررسی کاملتر ، اثرات مرتبه دوم باید بیشتر مورد ملاحظه قرارگیرند. در عمل هنگامی که بارها ی افقی بر تیر اعمال می شود تیر جابجا شده و در نتیجه بارهای قائم نسبت به محورهای تیر خارج از محوریت پیدا می کند و متعاقب آن نیز تحت اثر لنگر اضافی قرار می گیرد. جابجایی اضافی باعث لنگر داخلی بیشتر برای تعادل با لنگر اعمالی ناشی از بارهای قائم خواهد شد. این اثر بار قائم بر تغییر مکان افقی تیر یکی از مهمترین اثرات مرتبه دوم می باشد و تغییر مکانها و لنگرهای درجه دوم اضافی ناشی از این پدیده در تیرهای میانی و حالتی که در تیر هیچ خروج از محوریت وجود ندارد، کمیت آن معمولا کمتر از 5٪ مقادیر تغییر مکانهای درجه اول می باشد. ولی چنانچه تیر بسیار انعطاف پذیر باشد و یاتیرهای انتهایی که نیروهای جانبی زیادی به قسمت سرآنها وارد میشود و یا تیرهایی که در آنها تغییر مکان نسبت به محور قائم در حین اجراء یا بعدا ایجاد شده باشد (بدلیل کج کاشتن یابدلیل ضعف و سستی فونداسیون تیر ، تیر کج شده باشد) نیروهای اضافی ممکن است به اندازه ای شود که مجبور به منظور نمودن آن در طراحی اعضاء گردیم ، یا این تغییر مکانهای اضافی باعث تغییر شکلهای نامطلوب درتیر شده و استفاده از مهارهای کابلی الزامی شود. در حالتهای بحرانی که ذکر شد نیروهای اضافی ناشی از اثرات مرتبه دوم ممکن است باعث افزایش تنش بیش از حد مجاز تیر و احتمالا انهدام گردد و از طرفی به سادگی می توان نشان داد که در تیرهای طراحی شده بر اساس آیین نامه های متداول تحت اثر بارهای ثقلی و جانبی در برابر زلزله ای نسبتا قوی وحتی متوسط ، در بسیار از مقاطع تیرها دچار تسلیم شده اند ، بنابراین برای تحلیل نسبتا نزدیک به واقعیت تیرهای مورد نظررا تحت اثر زلزله در حیطه غیر خطی مورد تحلیل دینامیکی قرار داده زیرا تیرها با ورود به حیطه غیر ارتجاعی در بعضی از مقاطع خود انرژی وارد از زلزله را جذب نموده و در برابر آن مقاومت نشان داده اند و نتایج این تحقیق و بررسیها و آنالیزهای صورت گرفته نشان می دهد که این مسئله در تیرهای با طولهای بزرگتر مثل 15 متری و یا شبکه هایی که تیرهای انعطاف پذیر در آنها وجود دارد (تیرهای قدیمی و لاغر) تیرهایی که در راس آنها تغییر مکان وجود دارد (کج هستند) تیرهایی که فنداسیون آنها سست می باشد (یا خاک اطراف فنداسیون مطابق مشخصات فنی اجرا نگردید) و در صورت بروز زلزله خرابی قابل ملاحظه ای در این شبکه ها رخ خواهد داد روش کلی برای تحلیل دینامیکی غیر خطی شامل انتگرال گیری گام به گام از معادلات دیفرانسیل حرکت است.

3-2) ارزیابی آسیب پذیری پستها ی زمینی بیست کیلوولت:

مبانی طراحی ساختمان و معماری پستهای توزیع باتوجه به شرایط اقلیمی و نیازهای بهره برداری از آنها باید تابع یک استاندارد بوده و بهترین مرجع برای طراحی پستها کتابچه استاندارد اجرایی پستهای توزیع زمینی 20 کیلوولت انتشارات معاونت تحقیقات و تکنولوژی استانداردهای وزارت نیرو می باشد.

سازه پستها ی توزیع بر اساس آئین نامه 2800 ایران طراحی گردیده است. این سازه متشکل از دیوارهای آجری بار بر است که دارای کلافهای افقی در ترازهای زیرووری دیوار، کلاف قائم در داخل دیوار و در گوشه های ساختمان می باشد. فونداسیون ساختمان از بتن مسلح ساخته شده و سقف ساختمان از تیرچه بلوک به ضخامت 25 سانتی متر تشکیل یافته است ولی متاسفانه اکثر پستهای زمینی در حال بهره برداری قبل از ابلاغ و اجرای دستورالعمل اشاره شده ساخته شده و بعضا نیز پستهایی که بعد از ابلاغ دستورالعمل (استاندارد پستها) ساخته شده اند، با شیوه های سنتی و بدون در نظر گرفتن آئین نامه 2800 ایران ساخته شده و با توجه به مدلسازی چند نمونه پست که قدمت آنها با هم تفاوت داشته مطابق جدول (1) نشان می دهد پستهایی که شناژ افقی و قائم ندارند و اصول آیین نامه 2800 در آنها رعایت نگردیده است و قدمت آنها نیز زیاد می باشد بعد از وقوع زلزله تخریب شده و غیر قابل بهره برداری می باشند ولی پستهایی که از نظر سازه ای با آیین نامه مطابقت داشتند بعد از وقوع زلزله قابل بهره برداری بوده اند.

جدول شماره (2) نیز درصد پستهایی که در آنها در اثر وقوع زلزله بر حسب نوع خرابی از کل پستهای موجود با تقریب قابل قبول از نمونه های انتخابی در منطقه مازندران آسیب دیدگی ایجاد میشود رانشان می دهد.

نمودار شماره (3) نیز درصد پستهای آسیب دیده و سالم و میزان درصد تخریب ایجاد شده در آنها را نشان می دهد که به شرح زیر می باشد بدین صورت که 20٪ از پستها در آنها تخریب کلی ایجاد شده و غیر قابل بهره برداری می باشند و 25/5 درصد از پستها تخریب نسبتا قابل ملاحظه ای برداشته ولی غیر قابل بهره برداری اما قابل بازسازی می باشند و 19٪ تخریب جزئی که باید ترمیم گردد و پست نیز قابل بهره برداری می باشد و 35٪ از پستها نیز آسیب بسیار ناچیزی می بینند و تقریبا سالم هستند رانشان می دهد.

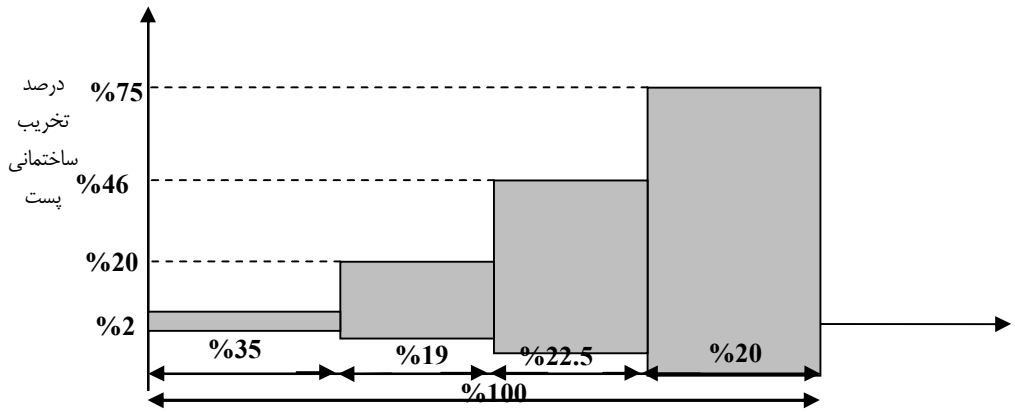
جدول (1) نتیجه بررسی پانزده نمونه پست زمینی توزیع بیست کیلوولت

ردیف	سال ساخت	مطابقت با استاندارد پست ها				وضعیت کلی پست بعد از زلزله
		پی	دیوار	سقف	اسکلت	
1	1360	مطابقت ندارد	دیوار بار بر (آجر فشاری)	پوشش ایرانیت بدون زیرکوب	ندارد	آسیب دیدگی قابل ملاحظه وقابل بهره برداری نیست
2	1363	//	//	//	//	//
3	1365	//	دیوار باربر (بلوک سیمانی)	//	//	//
4	1369	//	دیوار باربر (آجر فشاری)	پوشش ایرانیت و اطاق پنج سانتی	//	آسیب دیدگی نسبتا قابل ملاحظه ولی قابل بهره برداری است
5	1372	مطابقت دارد	//	پوشش ایرانیت و رابیس با ملات ماسه و سیمان	شناژ افقی و قائم دارد	آسیب دیدگی غیر سازه ای و قابل بهره برداری
6	1372	//	//	//	//	//
7	1373	//	دیوار باربر (بلوک سیمانی)	طاق ضربی پنج سانتی پوشش ایرانیت	//	//
8	1374	//	دیوار باربر آجر فشاری	//	//	//
9	1375	//	//	//	//	//
10	1377	//	//	//	//	آسیب دیدگی بسیار ناچیز و قابل بهره برداری
11	1379	//	//	تیرچه بلوک و ایرانیت	//	//
12	1379	//	//	//	//	//
13	1380	//	//	//	//	//

//	//	//	//	//	1380	14
//	//	//	//	//	1381	15

جدول (2)

نوع آسیب	درصد از کل پستها
تخریب غیر سازه ای	٪65
تخریب سقف	٪56/5
تخریب و گسیختگی فنداسیون	٪48
تخریب اسکلت و دیوارها	٪37/5



نمودار (3)

4) نتیجه گیری:

4ـ1) نتیجه ارزیابی تیرها و فنداسیون تیرها:

همانطور که نشان داده شد با افزایش نیروهای زلزله بر تیرها ، تیر و شبکه از لحاظ فیزیکی ناپایدار گردیده که این چنین رفتاری ضعف طراحی را نشان می دهد که در این مواقع تیرها نیازمند بر افزایش سختی خواهند بود (مثلا با کابلهای مهار) این مسئله در مورد تیر هایی که در مکانهای خاص کاشته می شوند مثلا در کنار خیابانها یا وسط بلوارها یا ابتدای پلها، تیرهای انتهایی، تیرهای روشنایی معابر، نیاز به تحلیل های غیر خطی و بررسیهای دقیق (مطالعه پاسخهای فیزیکی همانند تنش ، کرنش ، توزیع دما و غیره و وارد نمودن بارهای بهره برداری بر روی تیرها و بهینه نمودن طراحی، ایجاد الگوی تست برای مدلها (خلق مدل با نرم افزار و انجام تست نیروها روی مدل و مشاهده تغییر مکانها و نیروها و...)) دارند، اهمیت زیادی پیدا می کند.

این نکته لازم به یادآوریست که برای داشتن شبکه ای مقاوم در برابر زلزله تنها طراحی صحیح کافی نیست بلکه باید اجراء نیز صحیح باشد. یعنی باید در تمامی مراحل تولید (تهیه مصالح مناسب، اختلاط مناسب بتن، قالب استاندارد، بستن و باز کردن قالبها، دپوتیر ، آبدهی تیر و ...) ، بارگیری، حمل (استفاده از گوی های چوبی مناسب زیر تیر، محکم کرده تیرها به صورت صحیح به تریلی، آموزش راننده در خصوص چگونگی حمل و ...) و نصب تیر باید از دستور العمل تیرهای بتنی پیروی کرد تا تیرهای ما دچار نقص و اشکال نگردند.

ضمنا توصیه اجرایی در خصوص فنداسیون های تیرها اینکه اگر خاک منطقه سست و رانشی است، تمهیدات لازم جهت مقاوم سازی مثل تزریق سیمان یا آهک در اطراف فنداسیون صورت پذیرد تا تیرها بعد از مدت کوتاهی از کاشت از راستای قائم خارج نشده و یا در هنگام زلزله مقاومت کافی را داشته باشند و یا در مناطق با خوردگی بالا در اطراف پایه جهت بالا بردن دوام تیر از قیر گونی استفاده گردد.

4ـ2) نتیجه ارزیابی ساختمان پستهای زمینی بیست کیلوولت

همانگونه که در آنالیزها و نمودارها نشان داده شده اگر پستها ی زمینی با رعایت حداقل ضوابط آئین نامه 2800 ساخته نشوند خسارات بسیار بزرگی در زمان بحران زلزله به شبکه های توزیع وارد خواهد شد و با توجه به اینکه غالب پستهای موجود قبل از ابلاغ دستورالعمل استاندراد و بدون رعایت اصول مقاوم سازی ساختمان پست (شناژ افقی و قائم و ...) احداث گردیده است و تعداد این پستها به نسبت کل پستهای موجود در منطقه نیز قابل توجه میباشد باید برای پستهایی که می توان طرح مقاوم سازی را روی آنها اجرا نمود (با ایجاد شناژهای مربوطه) آنها را مقاوم کرد اما چون کارکردن در محیطی که برق زنده وجود دارد خطرناک می باشد می توان موقتاًبا احداث یک ترانس هوائی در همان محل در جلوی پست و جمع نمودن موقت تجهیزات داخلی پست عملیات مقاوم سازی را انجام داد و بعد نسبت به انتقال تجهیزات به داخل پست اقدام نمود به عنوان نمونه اگر در یک پست شناژ افقی و قائم اجرا نشده باشد میتوان با طراحی مناسب و برداشتن سقف پست و شکافتن دیوارها در فواصل معینی که در طراحی لحاظ شده و احداث پی تکی در زمین و اجرای شناژ قائم و افقی و نهایتاً مسقف نمودن مجدد پست با توجه به ضوابط طراحی شده نسبت به مقاوم سازی پست اقدام نمود ضمناً پستهایی که با ارزیابی های بعمل آمده بعد از وقوع زلزله احتمال تخریب بالایی دارند و ارزش سازه ای جهت مقاوم سازی ندارند را تخریب کرده و بنایی جدید احداث نمود تا در زمان بحران زلزله شبکه های ما آسیب پذیری کمتری داشته باشند.

5) مراجع :

[1] Lemessories, W, j"A practical method of Second orther analysis " Part2 rigit Frames , Engineering Jornal ASCE , 14 , 2PP 49-67 (1977)

[2]Prestandard and Commentary For the Seismic Rehabilitation Of Buildings , FEM 356 , Nor 2000

[3]Lui , E.mand Chen , W.f " Stability desihn Of Steel Frame " PP47 – 73 (1991)

[4] Stafford Smith , Band Gaiotti , R.Lterative gravity Load method For P- delta effect ,, gournal Of Construction Steel Research , S , SPP3 – 10 (1988)

[5] دستورالعمل بارگذاری، تحلیل و طراحی لرزه ای پستها ، مرکز تحقیقات نیرو، نگارش سوم، تهران 1379

[6] آئین نامه 2800 نشریه شماره ض – 253 آذر 1378

پیوست 1 :

1) آنالیز استاتیکی معادل:

برای مدل سازی این سازه ها در حالت خطی از روش استاتیکی معادل آئین نامه 800 2 استفاده شده ،لازم به یادآوری است که در این روش برش پایه بر اساس طیف بازتاب استاندارد ایران تعیین می شود و به نسبت حاصلضرب جرم در ارتفاع به دست می آید ضریب زلزله در محاسبه برش پایه از رابطه $C = \frac{ABI}{R}$ محاسبه شده که برای سازه های مختلف متفاوت می باشد در پهنه بنـدی ایران به چهار منطقه از نظر زلزله خیزی تقسیم شده که اکثر نقاط مازندران جزء مناطق با خطر نسبی زیاد برای زلزله می باشد یعنـی پارامتر A شتاب مبنا برابر 0/3 می باشد همچنین ضریب I نیز به همین دلیل برابر با 1/2 فرض شده برای تعیین ضریب رفتار R لازم است بدانیم این سازه دارای کدام یک از شکل پذیری های کم ، متوسط و یا زیاد است برای این منظور ابتدا ضوابط شکل پذیری ویژه با آئین نامه ACI کنترل شده و برای پستهای 20 کیلوولت برای R عدد 4 لحاظ شده و برای سازه انعطاف پذیری مثل تیر عدد 10 بـــــرای R لحـــــاظ گردیـــــد ضـــــمناًضـــــریب بازتـــــاب B هـــــم از رابطـــــه $B = 2.5 (\quad)^{2/3}$ محاسبه گردیده که T زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان و T0 هم عددی است که بر حسب نـوع زمین محاسبه گردید. مثلاً در مازندران میتوان T0 را 0/5 یا 0/7 انتخاب کرد همچنین T برای پستها را با توجه به نـوع خـاک میتوان 1 یا 1/25 درنظر گرفت و مقدار T برای تیرها را میتوان از رابطه زیر محاسبه کرد (همانند تیر طره)

$T= 2\Pi \frac{T0}{T}$

و نهایتاًمقدار ضریب زلزله C در حالت بحرانی برابر B=2.5 برای تیرها و برابر B=0.09 برای پستها لحاظ گردیـد کـه مقـدار ضریب زلزله برابر C=0.225 در نظر گرفته شد. [6]

2) آنالیز بر اساس عملکرد (روش دینامیکی خطی FEMA) $\sqrt{\frac{\Sigma pixi^2}{g\Sigma pixi}}$

دستورالعمل FEMA356 برای بهینه سازی و مقاوم سازی سازه های موجود تدوین شده است. دستورالعمل FEMA شـامل 4 مرحله اصلی می باشد 1) تعیین سطوح خطر 2) تعیین سطوح عملکرد (برای اجزاء سازه ای و غیر سازه ای) 3) ارائه معیارهای پذیرش 4) ارائه روشهای آنالیز

در این دستورالعمل به عکس بسیاری از آیین نامه های موجود بسیاری از رفتارهای واقعی سازه را در شرایط مختلف در نظر گرفته و در آنالیز و طراحی لحاظ میکند. [5]