

ارزیابی عملکرد سازه‌ها و تجهیزات پست ۲۳۰/۴۰۰ کیلوولت تهرانپارس در زلزله محتمل شهر تهران

امیرحسین خلوتی

ایران

واژه‌های کلیدی: زلزله، پستهای فشار قوی، ساختمان کنترل، دژنکتور، ترانسهای قدرت، جریان و ولتاژ

چکیده

پست تهرانپارس به جهت تغذیه قسمت اعظم نیاز برق شهر تهران از اهمیت بالایی در شبکه برخوردار است و با توجه به لرزه‌خیزی بالای شهر تهران باید پایداری و رفتار سازه‌ها و تجهیزات آن پس از وقوع زلزله محتمل شهر تهران بررسی گردد، از این رو مطالعه حاضر با هدف فوق انجام گردید. در این مطالعه که سه مرحله اصلی داشت ابتدا اطلاعات لازم شامل نقشه‌ها، اسناد و مدارک فنی، دفترچه‌های محاسباتی، گزارشهای حین ساخت جمع‌آوری و با وضعیت موجود مطابقت داده شدند، سپس طی یک سری مطالعات گسترده کتابخانه‌ای اثرات زلزله بر روی تجهیزات پستها بر اساس مشاهدات و گزارشهای خرابیها در زلزله‌های گذشته در ایران و سایر نقاط دنیا بررسی و دسته‌بندی گردیدند. در مرحله دوم بر اساس اطلاعات بدست آمده تحلیل خطر زمینلرزه صورت گرفت و شتابهای زمین در زلزله‌های با دوره بازگشتهای ۲۵۰۰، ۹۵۰، ۴۷۵ ساله محاسبه گردیدند. در این مرحله همچنین احتمال وقوع اثرات ثانویه زلزله نیز بررسی شد. در مرحله سوم سازه بتنی ساختمان کنترل و تجهیزات محوطه پست به روش کمی و کیفی ارزیابی شدند. بطور خلاصه می‌توان گفت تمام ستونهای ساختمان کنترل نیاز به تقویت دارند ولیکن وضعیت تیرها بسیار مناسب است. در ترانسهای جریان و ولتاژ فونداسیونها کفایت باربری لازم و مقاوت در برابر واژگونی ندارند و در CVT مقره‌ها در اثر گسیختگی ترد کششی از بین می‌روند و دژنکتور به هیچ وجه در حین زلزله جوابگوی بارهای وارده نیست. سایر تجهیزات محوطه نیز نقاط ضعفی دارند که در متن مقاله به آنها اشاره شده است.

Seismic Performance evaluation of Tehranpars 230/400kv Substation's Structures & equipments

A.H.Khalvati
IRAN

Key words: earthquake, substations, control buildings, breaker, transformers

Abstract

Tehranpars Substation in eastern region of Tehran plays a vital key role in the capital power network, on the other hand it is located in a very high seismic potential area, according to that evaluating the seismic performance of the structures and equipments of the substation was the main subject of the study. In this study which had three phases, first the needed information about the elements were collected through investing the available documents, in the next phase the seismic hazard analysis was carried out, which through this analysis the PGAs for different levels of earthquakes were calculated. The main stage of the project was the third phase, in which the control building structure and the electrical components in the switchyard were evaluated and their failure modes and the ways to retrofit them were expressed.

ارزیابی عملکرد سازه‌ها و تجهیزات پست ۲۳۰/۴۰۰ کیلوولت تهرانپارس در زلزله محتمل شهر تهران

امیرحسین خلوتی

ایران

واژه‌های کلیدی : زلزله، پستهای فشار قوی، ساختمان کنترل، دژنکتور، ترانسهای قدرت، جریان و ولتاژ

۱-مقدمه

۲-جمع آوری اطلاعات لازم

پست تهرانپارس در انتهای شرقی تهران و در ابتدای جاده دماوند واقع شده است. این پست به جهت تغذیه قسمت اعظم نیاز شهر تهران و همچنین خروجیهای مهمی که از آن گرفته شده است از اهمیت بسیار بالایی در شبکه برخوردار است لذا با توجه به شرایط لرزه خیزی شهر تهران مطالعه و کنترل وضعیت سازه‌ها و تجهیزات آن و بررسی رفتار آنها در حین زلزله ضروری به نظر می‌رسید. در این راستا مطالعات در سه مرحله عمده جمع آوری اطلاعات لازم، تعیین زلزله محتمل ساختگاه و پارامترهای مورد نظر و ارزیابی سازه‌ها و تجهیزات به انجام رسید که ذیلاً نتایج بدست آمده ارائه می‌گردد.

در این مرحله طی یک سری مطالعات کتابخانه ای گسترده اثرات زلزله بر روی تجهیزات و سازه های پستها بر اساس مشاهدات خرابیها در زلزله‌های گذشته در ایران و سایر نقاط دنیا بررسی و دسته بندی گردیدند. این مطالعات جامع راه‌گشای مراحل بعدی کار بوده است بطوریکه در ارزیابی کیفی تجهیزات در مرحله سوم بسیار مفید بود. در قسمت دیگر این مرحله اطلاعات اسناد و مدارک فنی، دفترچه های محاسباتی، گزارشهای زمان ساخت، نقشه های سازه ها و تجهیزات جمع آوری، بررسی و مطالعه شدند و اطلاعات لازم برای مراحل بعدی استخراج گردیدند.

آنالیز متعین ارائه شده است. همانطوری که در این جدول مشاهده می شود راندگی شمال تهران با ایجاد شتاب افقی $0.461(g)$ و شتاب قائم $0.324(g)$ حداکثر مقادیر را دارا می باشد.

۳-تحلیل خطر زمینلرزه در ساختگاه پست :

۳-۲-نتایج تحلیل خطر به روش احتمالاتی

در این بخش بر پایه چشمه های لرزه زا که مدل شده اند و با استفاده از پارامترهای لرزه خیزی بدست آمده به کمک برنامه کامپیوتری SEISRISKIII بیشینه شتاب افقی و قائم زمین در ساختگاه موردنظر برآورد شده است. از جمله ویژگیهای بارز این نرم افزار، احتساب عدم تعیین مرزهای چشمه های لرزه زا می باشد. در آنالیز خطر زمینلرزه به روش احتمالاتی معمولاً مقادیر جنبش نیرومند زمین برای سطوح مختلف احتمال خطر رویداد و یا بعبارت دیگر احتمالات تجاوز مختلف در نظر گرفته می شود. در این پروژه مقادیر جنبش نیرومند زمین برای سه سطح مختلف ۱۰٪ احتمال خطر برای سه بازه زمانی ۲۵۰ و ۱۰۰ و ۵۰ سال یا به عبارت دیگر دوره بازگشت های ۲۵۰، ۹۵۰ و ۴۷۵ سال محاسبه شده است. در جدول-۳ مقادیر شتاب افقی محاسبه شده به ازای روابط کاهندگی مختلف آورده شده است. همچنین در جدول-۴ مقادیر شتاب قائم محاسبه شده نیز آورده شده است. در جدول-۳ اعداد شتاب افقی برای دو حالت میانگین و میانگین + انحراف معیار ارائه شده است. شتابهای میانگین + انحراف معیار فقط برای سازه ها و تجهیزات نیروگاههای اتمی و سدها که تخریب آنها آلودگیهای شدید زیست محیطی و یا به خطر افتادن مستقیم جان تعداد کثیری از انسانها را بدنبال دارد بکار می رود و لذا در این مطالعه از اعداد ردیف میانگین در ارزیابی های بعدی استفاده شده است.

در این مرحله بر اساس اطلاعات بدست آمده و جمع آوری شده در مرحله اول ، تحلیل خطر زمینلرزه صورت گرفت و شتابهای زمین در زلزله های با دوره بازگشت های تعریف شده محاسبه گردید. بدین ترتیب که ابتدا ویژگیهای لرزه خیزی شهر تهران بررسی و مطالعه شد. در این بررسی فهرست زمینلرزه ها در گستره شعاعی ۲۰۰ کیلومتر جمع آوری گردیده و با فرض تبعیت از فرایندهای پواسونی پردازش شدند و سپس با استفاده از روشهای کیکو-سلوول پارامترهای لرزه خیزی ، دوره بازگشت و احتمال عدم رویداد زمینلرزه ها بر حسب بزرگای آنها محاسبه گردید. جهت برآورد بیشینه پارامترهای جنبش نیرومند زمین در ساختگاه از دو روش متعین و احتمالاتی استفاده شد و پارامتر مورد نظر حداکثر شتاب زمین انتخاب گردید. لازم به ذکر است که در این مطالعه پس از بررسی مدلها و روابط کاهندگی موجود از روابط جدید که با شرایط ساختگاه مطابقت دارند استفاده گردید همچنین به کمک تکنیک درخت منطقی نتایج روابط مختلف با وزنه های در نظر گرفته شده میانگین گیری شدند. در انتها نیز طیف طرح ارائه و ضمناً اثرات ثانویه زمینلرزه نیز بررسی گردید.

۳-۱-نتایج تحلیل خطر زمینلرزه به روش متعین

عموماً روش متعین دارای چهار مرحله اصلی می باشد: شناسایی چشمه های لرزه زا، تعیین زلزله تعیین کننده برای هر چشمه ، انتخاب نوع رابطه جنبش نیرومند زمین مورد استفاده و محاسبه پارامتر جنبش نیرومند زمین برای طراحی که در این مطالعه مد نظر بوده اند.

در جدول-۱ چشمه های لرزه زا ، نوع آن و حداکثر بزرگای منتسب به آن ارائه شده است. در جدول-۲ نیز نتایج حاصل از

۳-۳- بررسی طیف پاسخ و تهیه طیف طرح

پیشنهادی

پیش بینی دقیق حرکت آینده زمین در یک ساختگاه غیر ممکن است. بنابراین پیش بینی طیف پاسخ برای بیان این حرکت، مؤثرترین روش برای تعیین حرکات آینده می باشد. با در اختیار داشتن مقدار شتاب ساختگاهی بدست آمده از تحلیل خطر می توان از آن برای به مقیاس درآوردن طیف استفاده کرد. در این بخش شکل طیف مناسب محل پیشنهاد و این طیف با مقادیر بدست آمده از تحلیل خطر پست مقیاس گردید.

در عمل طیف پاسخ را می توان به سه روش معمول که دو روش تجربی و یکی تحلیلی است بدست آورد:

۱- میانگین های طیف بهنجار شده

۲- کاهندگی مقادیر طیفی

۳- پاسخ تحلیل ستون خاک

نتایج هر کدام و یا همه این روشها می توانند جهت تعیین طیف مناسب برای طراحی و تحلیل سازه، ترکیب شوند. اینکار معمولاً تا حدی به شکل قضاوتی و با توجه به کیفیت و قابلیت اطمینان به اطلاعات استفاده شده از هر روش انجام می گیرد. در این مطالعه از روش اول استفاده شده است.

در این روش تجربی، شکل طیف بوسیله تحلیل آماری (محاسبه میانگین ها و انحراف معیارها) شتابنگاشت های مربوط به جنبش شدید زمین در گذشته، که بر طبق شرایط ساختگاهی، فاصله از چشمه و اندازه رویداد طبقه بندی می شوند انجام می گیرد. همه طیفهای پاسخ برای مجموعه مشترکی از شرایط بوسیله PGA ثبت شده، بهنجار (نرمال) می شوند.

برای تعیین نوع خاک مطالعات اولیه ساختگاه پست بررسی گردید. آزمایشهای انجام شده و بررسیهای صورت گرفته بر روی خاک محل نشان داده است که خاک از نوع شن و ماسه متراکم و غیر اشباع بوده و مشابه تیپ II می باشد.

در انتخاب رکوردها نیز تمامی معیارهای زیر ملاک عمل قرار گرفته اند.

- رکوردهای Free Field با بزرگی $4.5 < M_5 < 7.5$

- رکوردهایی که حتی المقدور دارای عمق کانونی کم می باشند

- رکوردهایی با فاصله کمتر از ۵۰ کیلومتر تا سایت

- رکوردهای ناشی از زلزله های تولید شده توسط گسلهای معکوس و راستالغز

- رکوردهای ثبت شده روی سایت های با مشخصات خاک $360 < V_s < 750$ (خاک تیپ II)

- رکوردهای ثبت شده توسط ایستگاههای معتبر که صحت اطلاعات آن مورد تایید کارشناسان این زمینه می باشد.

این رکوردها با حداکثر شتاب خود بهنجار (نرمال) شده اند.

۳-۴- جمع بندی و ارائه شکل نهایی طیف

از آنجا که در سازه ها و تجهیزات پستها عموماً "نسبت میرایی کمتر از سازه های ساختمانی می باشد در رسم طیفها میرایی ۲٪ نیز علاوه بر ۵٪ مد نظر بوده است و در نهایت طیفهای طراحی برای هر دو میرایی پیشنهاد شده اند. لازم به ذکر است که در قضاوت و تصمیم گیری برای پیشنهاد طیف طراحی، طیفهای آیین نامه ۲۸۰۰ و UBC-97 مد نظر بوده اند ولیکن طیف این آیین نامه ها صرفاً برای میرایی ۵٪ ارائه شده است، لذا با مطالعه آیین نامه های سایر کشورها و پیشنهادات نیومارک و هال ضریب ۱/۲۵ برای تبدیل طیف ۵٪ به طیف ۲٪ انتخاب گردید.

الف) طیف طراحی پیشنهادی در میرایی ۵٪

طیف طرح پیشنهادی در میرایی ۵٪ به شرح زیر تهیه شده است. شاخه اول و قسمت صعودی طیف منطبق بر UBC انتخاب شده است. قسمت افقی و تخت طیف نیز منطبق بر

ارائه شده است.

۳-۵- ارزیابی اثرات ثانویه زمینلرزه

پدیده زمینلرزه علاوه بر اثراتی که بطور مستقیم روی سازه‌ها بر جای می‌گذارد، دارای اثرات ثانویه ای است که بسته به شرایط موجود ساختگاه رخ داده و باعث خسارات جبران ناپذیری می‌شود. زمین لغزش، سنگ ریزش و روانگرایی از جمله این اثرات می‌باشند. در بحث بررسی آسیب پذیری، پتانسیل وقوع این اثرات نیز باید بررسی گردد تا در صورت لزوم تمهیدات لازم جهت مقابله با آن در نظر گرفته شود.

در ساختگاه پست تهرانپارس تا کنون سابقه بروز هیچ کدام از موارد ذکر شده وجود نداشته است. همچنین با بررسی های انجام شده بر اساس نقشه پهنه بندی قابلیت روانگرایی در ایران، این منطقه در ناحیه بدون قابلیت روانگرایی واقع شده است. با توجه به وضعیت توپوگرافی ساختگاه امکان وقوع لغزش زمین یا سنگ ریزش نیز در این منطقه وجود نخواهد داشت.

۴- ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای:

بطور کلی ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای به دو شیوه کمی و کیفی انجام می‌گیرد. در برخی موارد فقط ارزیابی کیفی جوابگو است ولی در مواردی نیز برای بررسی دقیقتر نیاز به ارزیابی کمی است. در ارزیابی کیفی با توجه به شواهد و مشاهدات خرابیها در زلزله‌های گذشته مدهای اصلی خرابی مشخص می‌شود و می‌توان با اعتمادپذیری بالا گفت با توجه به سوابق موجود نقطه ضعف سازه یا تجهیز مورد نظر در کجا است. بنابراین با یک بازدید عینی و ارزیابی کیفی و سریع مدهای محتمل خرابی تجهیز مورد نظر شناسایی و روشهای برطرف کردن آن پیشنهاد می‌گردد. در برخی سازه‌ها و تجهیزات نمی‌توان به همین سادگی مدهای اصلی خرابی را بر اساس شواهد گذشته پیش بینی کرد لذا نیاز به ساخت مدل

آیین نامه ۲۸۰۰ می‌باشد. در شاخه نزولی طیف نیز دو منحنی برازش شده است زیرا که در قسمت اول آن، طیف ۲۸۰۰ پایین تر از طیف فوق میانگین و در انتهای طیف خیلی بالاتر از آن قرار می‌گیرد و لذا سعی شده است منحنی پیشنهادی در این دو قسمت مابین طیف ۲۸۰۰ و فوق میانگین قرار بگیرد. معادله منحنی طیف پیشنهادی در نواحی مختلف به شرح زیر می‌باشد:

$$B = 13.63T + 1 \quad 0 \leq T \leq 0.11$$

$$B = 2.5 \quad 0.11 \leq T \leq 0.5$$

$$B = \frac{1.75}{(T + 0.05)^{0.6}} \quad 0.5 \leq T \leq 2$$

$$B = \frac{2}{(T - 0.25)} \quad 2 \leq T$$

در نمودار ۱- طیف طراحی پیشنهاد شده برای میرایی ۰.۵٪ در سه تراز ۴۷۵، ۹۵۰، ۲۵۰۰ ساله پس از اعمال PGA متناظر ارائه شده است.

ب) طیف طرح پیشنهادی در میرایی ۰.۲٪

طیف طرح پیشنهادی در میرایی ۰.۲٪ به شرح زیر تهیه شده است. شاخه صعودی طیف منطبق بر طیف UBC انتخاب شده است. قسمت افقی و تخت طیف نیز مطابق معمول منطبق بر آیین نامه می‌باشد ولیکن عدد ۲/۵ باید در ضریب تشدید ۱/۲۵ (بدلیل آنکه میرایی کمتر و ۰.۲٪ است) ضرب شود و لذا عدد ۳/۱۲ بدست می‌آید. در شاخه نزولی طیف تنها یک منحنی برازش شده است که بین طیف فوق میانگین و ۲۸۰۰ قرار می‌گیرد. معادله منحنی طیف پیشنهادی در نواحی مختلف به شرح زیر می‌باشد:

$$B = 19.27T + 1 \quad 0 \leq T \leq 0.11$$

$$B = 3.12 \quad 0.11 \leq T \leq 0.5$$

$$B = \frac{1.9}{(T + 0.05)^{0.85}} \quad 0.5 \leq T$$

در نمودار ۲- طیف طراحی پیشنهاد شده برای میرایی ۰.۲٪ در سه تراز ۴۷۵، ۹۵۰، ۲۵۰۰ ساله پس از اعمال PGA متناظر

ریاضی و تحلیل دقیق تحت اثر نیروهای زلزله می باشد تا نقاط ضعف مشخص گردد.

در اکثر تجهیزات پست ها مدهای خرابی به سادگی قابل پیش بینی است و لذا ارزیابی کیفی و سریع کفایت می کند در صورتیکه در برخی موارد مثل سازه ساختمان کنترل، ترانسهای جریان و ولتاژ و دژنکتورها از ارزیابی کمی استفاده شده است. در این مرحله از پروژه ابتدا سازه ساختمان کنترل به دو روش کمی و کیفی ارزیابی گردید. سپس تجهیزات داخل ساختمان کنترل و قطعات الحاقی آن به روش کیفی ارزیابی شدند. در ادامه نیز تجهیزات محوطه پست مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج آن ذیلا تشریح می گردد.

۴-۱- ارزیابی سازه ساختمان کنترل

ساختمان کنترل این پست دارای دو طبقه می باشد که طبقه اول به ارتفاع ۴/۶۵ متر شامل اتاق کنترل و تمام فضاهای اداری پست است و طبقه زیرزمین به ارتفاع ۲/۱۵ متر به عنوان گالری کابل مورد استفاده قرار می گیرد. سیستم باربر جانبی آن قاب خمشی بتنی دوجبهت می باشد. ارزیابی کمی این سازه بر اساس دستورالعمل بهسازی لرزه ای صورت پذیرفت و تمام مراحل مطابق دستورالعمل طی شد .

بدین ترتیب که ابتدا هدف بهسازی مطلوب انتخاب گردید بدین ترتیب که در زلزله ۴۷۵ ساله ایمنی جانی و در زلزله ۲۵۰۰ ساله جلوگیری از فروریزش رخ دهد، سپس بارهای مرده و زنده سازه تعیین گردیدند. مشخصات دقیق اعضا از نظر سختی و مقاومت تعیین و ضریب آگاهی نیز برابر با یک منظور گردید. اعضا اصلی و غیر اصلی مشخص شدند، مدل سازه ای ساخته و شیوه تحلیل، دینامیکی طیفی خطی انتخاب گردید. ترکیبات بارگذاری برای بازتابهای کنترل شونده توسط نیرو و تغییر مکان نیز انتخاب و تعریف گردیدند. مقادیر DCR که بیانگر نسبت نیاز به ظرفیت می باشد در دو سطح نشان می دهد که نیاز به شکل پذیری زیاد نداریم و باید شکل پذیری متوسط تامین شود که متاسفانه بررسیها نشان می دهد این مقدار شکل پذیری در سازه وجود ندارد و این مشکل

عمدتا مربوط به ضعف برشی در ستونها با خاموتهای ناکافی و با فاصله زیاد از هم می باشد.

در نهایت تحلیل انجام شده و معیارهای پذیرش کنترل شدند. با بررسی نتایج بدست آمده از تحلیل مشخص می شود که در هر دو سطح عملکردی فرض شده تقریبا تمام ستونها نیاز به تقویت دارند ولیکن وضعیت تیرها بسیار مناسب است. ضمنا لازم به ذکر است که مشکل اصلی ستونها عمدتا در اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی می باشد؛ به عبارت دیگر می توان گفت که تیرها قویتر از ستونها بوده اند. هیچ یک از اتصالات نیز ضعیف نبوده اند و معیارهای پذیرش را به خوبی جواب می دهند.

از نقطه نظر کیفی یک سری نکات و جزئیات ساده وجود دارد که اگر رعایت نشوند می توانند در عملکرد ساختمان کنترل تاثیر بگذارند. کابینتها و پانلهای کنترل به کف مهار شده اند . قاب نگهدارنده، باتریها در باتریخانه به کف اتصالات ضعیفی دارد و باید تقویت شود. کامپیوتر و متعلقات آن بدون هیچ مهاری روی میز قرار گرفته است. قفسه ها و کتابخانه هیچ گونه مهاری ندارند و به سادگی واژگون می شوند. پانلهای سقف کاذب مهار مناسبی ندارند و سقوط قطعات آن می تواند آسیبا و صدمات جدی ایجاد نماید. کپسولهای اطفاء حریق اتصال مناسبی به دیوار ندارند.

۴-۲- ارزیابی تجهیزات محوطه پست

در این بخش ابتدا سیستم شینه بندی پست و آرایش تجهیزات در دیاگرام تک خطی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. در این میان بررسی میزان اهمیت و عملکرد هر تجهیز در پست از موارد اصلی بوده است بطوریکه اگر تجهیز در اثر زلزله صدمه ببیند و از مدار حذف شود چه مانورهایی می توان در نظر گرفت و سریعا مدار را برقرار کرد و بر این اساس استراتژی مشخصی برای نحوه ارزیابی تجهیزات تدوین گردید و سپس تجهیزات محوطه پست ارزیابی گردیدند. ارزیابی این تجهیزات به دو شیوه کمی و کیفی انجام گردید. در تجهیزات حساس و مهمتر ارزیابی به شیوه کمی با

تهیه مدل ریاضی، بارگذاری و انجام تحلیل دینامیکی خطی صورت گرفت ولی در سایر موارد تجهیزات به شیوه کیفی ارزیابی شدند

۴-۲-۱- بررسی آرایش پست تهرانپارس و تعیین روش ارزیابی

آرایش پست تهرانپارس ۱/۵ کلیدی می باشد بطوریکه برای هر دو خط، سه دژنکتور وجود دارد. با استفاده از این روش می توان هر یک از دژنکتورها را بدون قطع جریان از مدار خارج کرد ولی همواره هر دو شین تحت بار هستند. جریان ۴۰۰ کیلوولت پس از وارد شدن به پست و عبور CVT، موجگیر، سکسیونر، دژنکتور و برقگیر به ترانس قدرت تبدیل ۴۰۰ به ۲۳۰ کیلوولت می رسد و پس از تبدیل، به Bay مورد نظر وارد می شود. در پست تهرانپارس ۴ عدد Bay مشابه یکدیگر وجود دارد، هریک از این Bay ها از سه مدول یکسان متشکل از یک دژنکتور، دو عدد CT در طرفین آن و دو عدد سکسیونر (DS) در طرفین CT ها تشکیل شده است. اگر فقط یک دژنکتور از مدار خارج شود هیچ تاثیری در عملکرد کل مدار نخواهد داشت. اگر دو دژنکتور مجاور هم تواما از مدار خارج شوند خطی که از بین آن دو خارج می شود بدون بار خواهد شد. اگر این خط از ترانس تغذیه شود ورودی پست قطع و اگر به یک خروجی متصل باشد آن خروجی ایزوله خواهد شد. در حالتیکه دو دژنکتور کناری از مدار خارج شوند خط ورودی و خروجی بدون اتصال به شینه ها یکسره خواهد شد. پس در صورتیکه در هر دو Bay اصلی که مستقیما از ترانسهای قدرت برق می گیرند دو دژنکتور مجاور که در طرفین خط ورودی از ترانس می باشند آسیب ببینند و از مدار خارج شوند پست کلا از مدار خارج خواهد شد پس هیچگاه نباید هر چهار دژنکتور مجاور خط ورودی از ترانس تواما از مدار خارج شوند. ولی اگر فقط در یکی از آن دو Bay دو دژنکتور مجاور خط مذکور آسیب ببیند می توان با انتقال بار ترانس متصل به Bay آسیب دیده

بر روی Bay سالم شینه ها را برقرار کرد. این کار با توجه به اینکه در حال حاضر از نصف توان ترانسها استفاده می شود امکان پذیر است. با توجه به موارد فوق و سناریوهای محتمل برای آسیب دیدن تجهیزات مختلف پست در هنگام وقوع زمینلرزه و مانورهایی که می توان انجام داد نتیجه گیری می گردد که چون تجهیزات مدول ها خصوصا دژنکتورها کاملا یکسان و مشابه می باشند (از نظر نوع و توان) لازم است یکی از آنها ارزیابی آسیب پذیری کمی شود.

داده های بدست آمده از ترانس جریان برای محافظت سیستم، اندازه گیری های الکتریکی و کنترل شبکه به کار می روند و در نتیجه از اهمیت بالایی برخوردارند و لذا به روش کمی مورد ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای قرار گرفته اند. ترانسهای ولتاژ همچون ترانس جریان عملکردی بسیار حساس و حیاتی در پست دارند و حفظ آنها در یک خط بسیار حائز اهمیت است. بنابراین CVT نیز به روش دقیقتر با مدلسازی تحلیلی و به صورت کمی ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای شده است.

ترانسهای قدرت از مهمترین تجهیزات پست می باشند که تنها در چند مورد خاص ضعف اساسی دارند که در تمام زلزله های گذشته شواهد این نقاط ضعف را تایید می کنند. در این پروژه مدهای خرابی اساسی این تجهیز ذکر شده است و سپس یک سری از آنها به جهت اهمیت بیشتر و امکان بررسی به روش کمی، دقیقتر ارزیابی شده اند و سایر موارد بصورت کیفی بررسی شده اند.

در پست تهرانپارس بدین صورت است که کلیدهای قطع و وصل بر روی قابهای فلزی با اعضاء خربایی مشبک قرار گرفته است و مدهای خرابی این نوع کلید کاملا مشخص می باشد. ضمنا عملکرد آنها در پست حیاتی نیست و در صورت خرابی در زمان وقوع بحران بلافاصله می توان با یک Jumper جریان را در مدار برقرار کرد، به همین جهت سکسیونرها به صورت کیفی ارزیابی شده اند.

موجگیرها مدهای خرابی کاملا مشخص دارند که شواهد گذشته این امر را اثبات می کند. در صورت خرابی موجگیر می توان از وسایل ارتباطی جایگزین استفاده کرد، ضمن آنکه احتمال بالای خرابی خطوط انتقال در اثر زلزله قبل از رسیدن

به پست که در واقع بیانگر قطع ارتباط از جای دیگر قبل از موجگیر و پست می‌باشد نیز اهمیت حفظ این تجهیز در زمان زلزله را کمتر می‌کند.

برقگیر نیز در زمان وقوع زلزله اهمیت زیادی در پست ندارد و عملکرد آن حیاتی نمی‌باشد. مدهای خرابی برقگیرها نیز کاملاً مشخص و از پیش تعیین شده است لذا این دو تجهیز به صورت کیفی ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای شده‌اند.

با توجه به تقسیم بندی فوق در واقع یک روش یا استراتژی برای ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای تجهیزات پست تهرانپارس بر اساس میزان اهمیت هر یک، اثر آن در عملکرد کلی و سرویس دهی پست در زمان بحران و نوع سیستم سازه‌ای آن تعیین گردید که در مرحله بعد بر اساس این استراتژی ارزیابی هر تجهیز انجام گرفت. لازم به ذکر است که در ارزیابی های کمی با استناد به استاندارد IEEE ویرایشهای 1984 و 1997 بارگذاری، شیوه تحلیل و معیارهای پذیرش انتخاب شده‌اند.

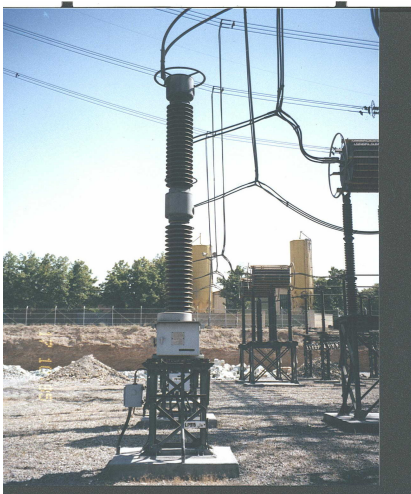


نگاره ۱- نمای عمومی یک ترانس جریان و اتصالات آن به تجهیزات مجاور

۴-۲-۲- ارزیابی ترانس جریان CT و CVT

پس از ساخت مدل ریاضی این تجهیزات، بارگذاری آن بر اساس استاندارد IEEE و انجام تحلیل نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که فونداسیون این دو تجهیز با بررسی های انجام شده کفایت باربری لازم و مقاومت در برابر واژگونی نخواهند داشت و لازم است تقویت شود. اتصال سازه به فونداسیون نیز کفایت لازم را ندارد و بولتهای مصرفی ضعیف می‌باشند. اعضای اصلی سازه فلزی نگهدارنده تجهیز برای کلیه حالات بارگذاری دارای ضریب اطمینان کافی بوده و اتصالات اعضاء قطری به اصلی نیز کفایت لازم را دارند. اتصال تجهیز به سازه فلزی نیز بررسی و جوابگوی بارهای وارده می‌باشد. در CT، مقره ها جوابگوی بارهای وارده هستند در صورتی که در CVT اینچنین نیست.

خلاصه نتایج ارزیابی این دو تجهیز در جداول ۶۵ و ۶۶ ارائه شده است.



نگاره ۲- نمای عمومی یک CVT و اتصالات آن به تجهیزات مجاور

۴-۲-۳- ارزیابی درنکتور CB

تحلیل مدل ریاضی این تجهیز نشان می‌دهد که نیروهای داخلی و جابجایی های ایجاد شده بسیار بیشتر از حد قابل قبول است. بطوریکه در اثر وجود جرم متمرکز بسیار زیاد در

ارتفاع لنگرهای بسیار زیادی در محل اتصال مقره ها به پایه فلزی زیر خود ایجاد می شود و بلافاصله از این محل گسیخته می شوند. البته مقره ها خود نیز قادر به تحمل تنشهای ایجاد شده نمی باشند و بلافاصله در اثر گسیختگی ترد از بین می روند. در مورد اتصال این تجهیزات به تجهیزات مجاور (سکسیونر و برقگیر) با توجه به شکل اتصال لازم است تا تمهیداتی در جهت اصلاح اتصال کابلی فعلی و تغییر آن به اتصالی با شکل پذیری بیشتر در نظر گرفته شود تا اندرکنش آنها به حداقل برسد.



نگاره ۳- نمای کلی دژنکتور و اتصالات آن به تجهیزات مجاور

۴-۲-۴- ارزیابی سایر تجهیزات

ترانسهای قدرت مورد ارزیابی کمی و کیفی قرار گرفتند نتیجه مطالعات نشان می دهد که امکان وقوع آسیبهای جدی به ترانس وجود دارد. از آن جمله می توان به آسیب انکربولتها، حرکت و جابجایی ترانس، آسیب به رادیاتورها و بدنه و بوشینگها اشاره کرد. زیرا ترانس بدلیل جرم زیاد خود اینرسی بسیار بالایی دارد و این نیروی زیاد به راحتی ترانس را جابجا کرده و تمام اتصالات و ملحقات آن صدمه خواهند دید.

ارزیابی کیفی موجگیر نشان می دهد که آسیبهای عمده بدلیل واژگونی موجگیر و خرابی سایر تجهیزات مجاور وجود دارد. زیرا موجگیر مانند یک پاندول وارونه عمل کرده و در اثر نیروی اینرسی زیاد واژگون می گردد. این امر سبب می

گردد تا بدلیل وجود اتصال با تجهیزات مجاور آنها را کشیده و به آنها نیز آسیب جدی وارد نماید.

سکسیونرها دارای سازه قابی شکل می باشند که در برابر زلزله کاملاً پایدار و مقاوم است ولیکن مقره ها در زلزله آسیبهای جدی خواهند دید این خرابی بدلیل اتصالات صلب تجهیزات مجاور تشدید خواهد شد.

برقگیرها نیز بسیار آسیب پذیر می باشند و بدلیل ارتفاع زیاد مقره ها و قطر کم آنها گسیختگی کششی در آنها رخ می دهد. دیزل ژنراتور و تجهیزات جانبی آن نیز مورد ارزیابی کیفی قرار گرفت. ساپورت های نگهدارنده لوله اگزوز اتصال مناسبی به سقف ندارند. محل خروج لوله اگزوز از دیوار آجری سبب قطع لوله در حرکات جانبی می شود. اتصال لوله ها بصورت صلب و غیر انعطاف پذیر است که می تواند خرابیها را تشدید کند. باتریها در برابر حرکات قائم پایدار نمی باشند و از قاب به بیرون پرتاب می شوند. ضمن اینکه ریزش دیوار آجری سبب آسیب به آنها می شود.

۶- منابع و مراجع

۱- امبراسیز - ملویل، تاریخ زمینلرزه های ایران، ترجمه

ابوالحسن رده، انتشارات آگاه ۱۳۷۰

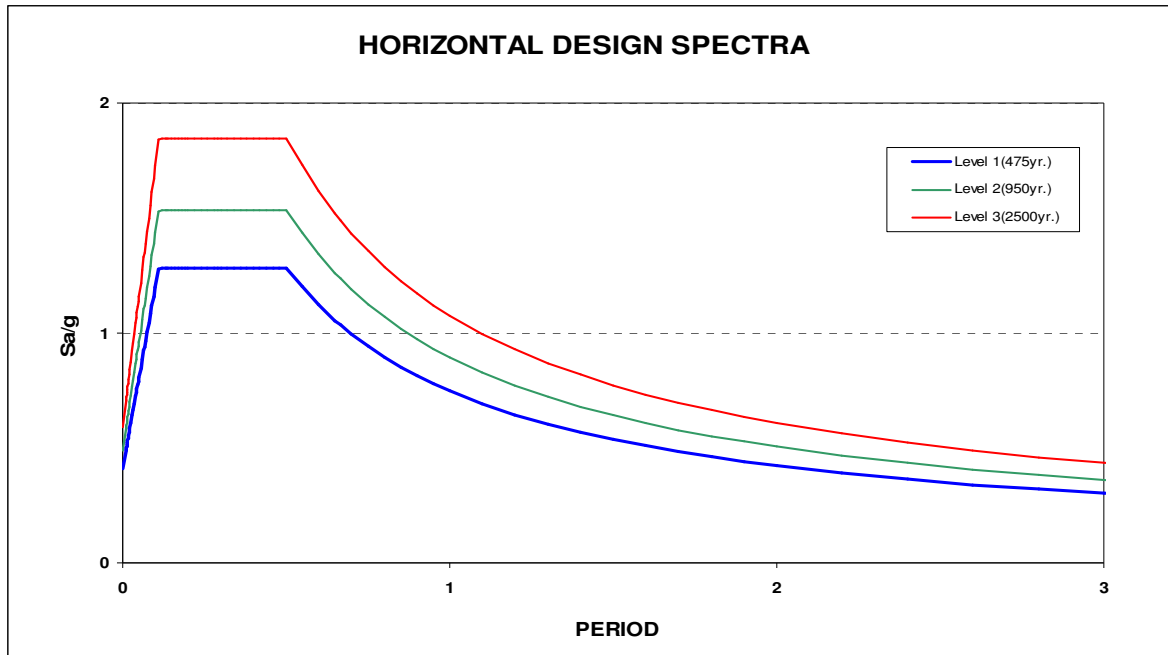
۲- گزارش آسیب های نیروگاه لوشان در زلزله ۳۱ خرداد

۶۹، وزارت نیرو، مدیریت مهندسی و بررسیهای فنی، دفتر

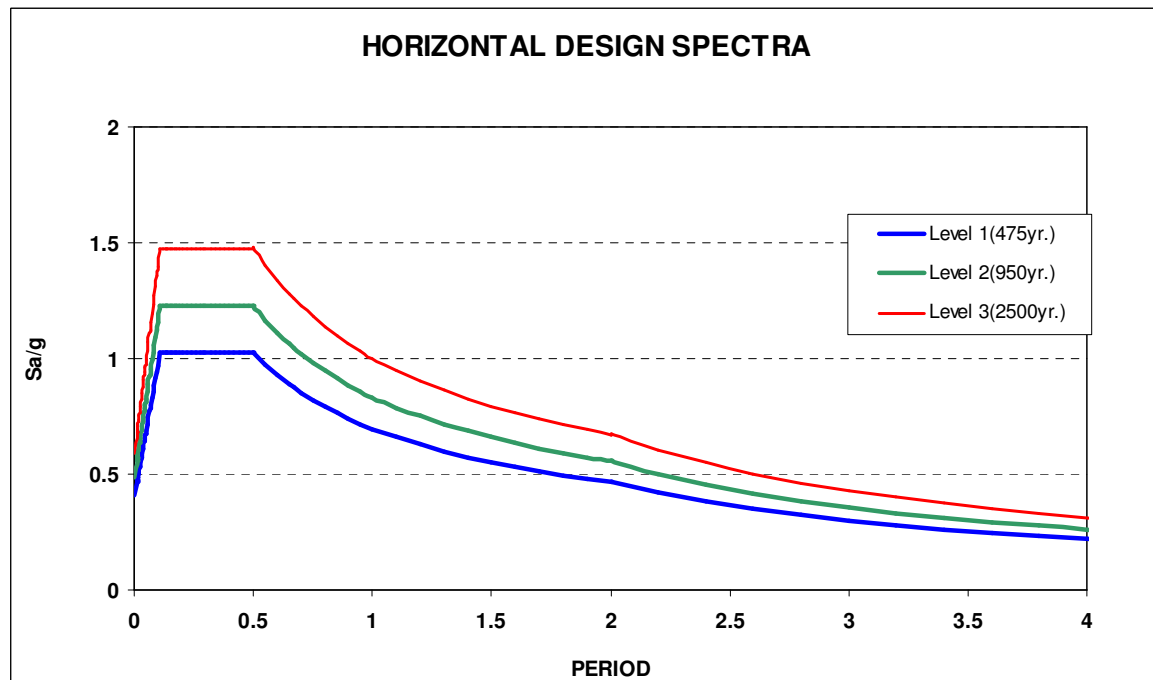
مهندسی ساختمان

3-"Guide to improved Earthquake performance of electric power systems",nist-gcr 98-757

4-IEEE std.693-1997,"Recommended guidelines for seismic design of substations", (Revision of IEEE std.693-1984)



نمودار - ۱: طیف‌های طراحی نهایی ساختمان پست تهرانپارس در سه تراز ۱-۲-۳ با نسبت میرایی ۰.۵.



نمودار - ۲: طیف‌های طراحی نهایی ساختمان پست تهرانپارس در سه تراز ۱-۲-۳ با نسبت میرایی ۰.۲.

نام گسل	نوع گسل	طول گسل (km)	M_{max}
مشاء - فشم	فشاری - راندگی	۲۰۰	۷/۵
راندگی شمال تهران	فشاری - راندگی	۷۵	۶/۹
راندگی نیاوران	فشاری - راندگی	۱۳	۶
راندگی تلو پایین	فشاری - راندگی	۱۳	۶
محمودیه	فشاری - راندگی	۱۱	۵/۹
شیان - کوثر	فشاری - راندگی	۱۳	۶
شمال ری	فشاری - راندگی	۱۷	۶/۱
جنوب ری	فشاری - راندگی	۱۸/۵	۶/۲
کهریزک	فشاری - راندگی	۴۰	۶/۶
گرمسار	فشاری - راندگی	۷۰	۶/۹
پیشوا	فشاری - راندگی	۳۴	۶/۵

جدول-۱ بزرگای پیشینه گسلهای منطقه بر اساس روش متعین

نام گسل	حداکثر شتاب افقی				حداکثر شتاب قائم		
	Campbell 91	Bommar 91	Ramazi 98	Final	Campbell 97	Campbell 2000	Final
راندگی شمال تهران	۰/۴۵۴	۰/۴۷۸	۰/۴۵۱	۰/۴۶۱	۰/۳۴۷	۰/۳۰۱	۰/۳۲۴
گسل مشاء فشم	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۵۳	۰/۴۵۹	۰/۳۲۵	۰/۲۸۰	۰/۳۰۲
راندگی تلوپایین	۰/۱۷۸	۰/۳۰۹	۰/۲۲۷	۰/۲۴۳	۰/۲۱	۰/۱۹۲	۰/۲۰۱

جدول ۲- نتایج حاصل از تحلیل متعین

Probability	Standard deviation	Campbell 1991	Ambrasays Bommer 1991	Ramazi 1998	Final Results
10% Probability of Excubra for 50 years	Mean	0.42 g	0.31 g	0.49 g	0.41 g
	Mean+ σ	0.51 g	0.56 g	0.49 g	0.52 g
10% Probablity of Exceedrma for 100 years	Mean	0.47 g	0.36 g	0.63 g	0.49 g
	Mean+ σ	0.59 g	0.66 g	0.63 g	0.63 g
50% Probablity of Gkcedra for 50 years	Mean	0.52 g	0.43 g	0.78 g	0.59 g
	Mean+ σ	0.64 g	0.78 g	0.78 g	0.75 g

جدول-۳- مقادیر شتاب افقی محاسبه شده در ساختگاه موردنظر

Probability	Campbell 1997	Campbell & Bozagnia 2000	Final Results
10% Probablity of Excudene for 50 years	0.349(g)	0.289(g)	0.317 (g)
10% Probablity of Expedenex for 50 years	0.366(g)	0.302(g)	0.334(g)
50% Probability of Expedaene for 50 years	0.276(g)	0.216(g)	0.246(g)

جدول ۴- مقادیر شتاب قائم محاسبه شده در ساختگاه موردنظر

ردیف	شرح	IEEE-84	(استاتیکی) IEEE-97	(طیفی) IEEE-97	تفسیر ملاحظات
۱	مقدار نیروی برش پایه				مقدار روش طیفی با توجه به ترکیب مودها از سایر روشها کمتر است. معهدا دو روش دیگر مقادیر نزدیک به هم دارند ولی در هر حال بسیار بزرگتر از زلزله طرح اولیه (0.3g) هستند.
۲	پایداری و کفایت اعضاء سازه نگهدارنده اصلی	پایدار، بدون خرابی و مورد قبول	پایدار، بدون خرابی و مورد قبلی	پایدار، بدون خرابی و مورد قبول	کلیه اعضاء اصلی سازه در تمام روشهای بارگذاری پایدار بوده و خرابی در آنها بوجود نخواهد آمد. در خصوص ظرفیت اضافی این اعضاء با توجه به اینکه نسبت نیروهای زلزله در مرحله کنترل در بالاترین حد ۵/۴ برابر زلزله زمان طراحی است. می توان ساینز پروفیل ها و محدودیت های مربوط به انتخاب پروفیل بر اساس ساینزهای تولیدی و محدودیت های مربوط به اتصالات را عنوان کرد.
۳	پایداری اتصالات بین اجزاء سازه	مورد قبول	مورد قبول	مورد قبول	علاوه بر اعضاء اصلی، چون اغلب اتصالات با ظرفیت اعضاء طرح می شوند، به همین دلیل شاید اتصالات نیز دارای ظرفیت بالاتری نسبت به مقادیر نیروهای طرح اولیه باشند.
۴	پایداری اتصالات تجهیز به سازه	مورد قبول	مورد قبول	مورد قبول	مشابه اتصالات داخلی بین اعضاء این بخش هم پایدار خواهند ماند و شاید دلیل آن نیز مشابه اتصالات بین اعضاء سازه ای ظرفیت برای پیچهای است که بیشتر از مقدار مورد نیاز انتخاب شده بوده اند و لذا با افزایش مقادیر نیرو پایدار می مانند.
۵	کفایت بخش بوشینگ چینی یا (porcelain)	پایدار، بدون خرابی و مورد قبول	پایدار، بدون خرابی و مورد قبول	پایدار، بدون خرابی و مورد قبول	علیرغم تفاوت قابل ملاحظه زلزله طراحی پست و مقادیر شتابهای وارده، مشاهده می شود، بخش چینی باز هم بدون آسیب خواهد بود.
۶	کفایت فونداسیون	ناپایدار (غیرقابل قبول)	ناپایدار (غیرقابل قبول)	ناپایدار (غیرقابل قبول)	علیرغم توان باربری سازه، چون فونداسیون ها با مقادیر نیروی جانبی بسیار اندک تر از مقادیر مورد بررسی طراحی شده اند و از آنجا که وزن این نوع تجهیزات کم است بنابراین نسبت نیروهای ناشی از بار جانبی که منجر به لنگر واژگونی می گردند به مراتب از بار قائم بیشتر بوده و شرایط را ناپایدار می کند. در مورد فونداسیونهای رایج تجهیزات در پستهای کشور، اغلب با توجه به آنچه گذشت سعی می شود تا فونداسیون از دو بخش پدوپلاستال تشکیل شود تا با استفاده از وزن خاک روی بخش پدفونداسیون مقدار وزن قائم را افزایش دهند و بدین ترتیب لنگر مقاوم افزایش خواهد یافت.
۷	انکربولت ها	ناپایدار آسیب پذیر (غیرقابل قبول)	ناپایدار آسیب پذیر (غیرقابل قبول)	ناپایدار آسیب پذیر (غیرقابل قبول)	جالب این است که همانطور که فونداسیون فاقد کفایت لازم است، انکربولت ها نیز که اتصال سازه و پی را فراهم می کنند آسیب پذیر بوده و حتی ضوابط قطر معرفی شده در استاندارد IEEE-97 را تأمین نمی کنند و لذا می توان مجموعه پی و انکربولت ها را نیازمند به بهسازی دانست.

جدول ۵- مقایسه مقادیر نیروها و کنترل شرایط پایداری و کفایت بخشهای مختلف CT متناسب با روشهای بارگذاری و معیارهای پذیرش برای حالت های مختلف

ردیف	شرح	IEEE-84	(استاتیکی) IEEE-97	(طیفی) IEEE-97	تفسیر ملاحظات
۱	مقدار نیروی برش پایه				مقدار روش طیفی با توجه به ترکیب مودها از سایر روشها کمتر است. معیذا دو روش دیگر مقادیر نزدیک مبهم دارند ولی در هر حال بسیار بزرگتر از زلزله طرح اولیه 0.3g هستند.
۲	پایداری و کفایت اعضاء سازه نگهدارنده اصلی	پایدار، بدون خرابی و مورد قبول	پایدار، بدون خرابی و مورد قبلی	پایدار، بدون خرابی و مورد قبول	کلیه اعضاء اصلی سازه در تمام روشهای بارگذاری پایدار بوده و خرابی در آنها بوجود نخواهد آمد. در خصوص ظرفیت اضافی این اعضاء با توجه به اینکه نسبت نیروهای زلزله در مرحله کنترل در بالاترین حد ۵/۴ برابر زلزله زمان طراحی است. می توان ساینز پروفیل ها و محدودیت های مربوط به انتخاب پروفیل بر اساس ساینزهای تولیدی و محدودیت های مربوط به اتصالات را عنوان کرد.
۳	پایداری اتصالات بین اجزاء سازه	مورد قبول	مورد قبول	مورد قبول	علاوه بر اعضاء اصلی، چون اغلب اتصالات با ظرفیت اعضاء طرح می شوند، به همین دلیل شاید اتصالات نیز دارای ظرفیت بالاتری نسبت به مقادیر نیروهای طرح اولیه باشند.
۴	پایداری اتصالات تجهیز به سازه	مورد قبول	مورد قبول	مورد قبول	مشابه اتصالات داخلی بین اعضاء این بخش هم پایدار خواهند ماند و شاید دلیل آن نیز مشابه اتصالات بین اعضاء سازه ای ظرفیت برای پیچهای است که بیشتر از مقدار مورد نیاز انتخاب شده بوده اند و لذا با افزایش مقادیر نیرو پایدار خواهد ماند...
۵	کفایت بخش پوشینگ چینی یا (porcelain)	ناپایدار و غیرقابل قبول	ناپایدار و غیرقابل قبول	ناپایدار و غیرقابل قبول	به دلیل قطر کم این نوع پوشینگ های مورد استفاده در CVT (در مقایسه با CT بخش ۲۳۰ کیلوولت، قطر CVT بخش ۴۰۰ کیلوولت به مراتب کمتر است) و نزدیک بودن مقادیر بارهای جانبی، قطر و مشخصات هندسی مقادیر مقطع CVT کمتر بوده و لذا آسیب پذیری آن محتمل است. که شاید دلیل این موضوع این باشد که در زمان ساخت فقط مسائل برقی مدنظر بوده اند.
۶	کفایت فونداسیون	ناپایدار و غیرقابل قبول	ناپایدار و غیرقابل قبول	ناپایدار و غیرقابل قبول	علیرغم توان باربری سازه، چون فونداسیون ها با مقادیر نیروی جانبی بسیار اندک تر از مقادیر نیروهای آئین نامه های اخیر طراحی شده است و از آنجا که وزن این نوع تجهیزات نیز اندک می باشد، بنابراین نیروهای ناشی از بار جانبی که منجر به لنگر واژگونی می گردند به مراتب از بار قائم بیشتر بوده و لذا شرایط را ناپایدار می کنند. در مورد فونداسیون های رایج تجهیزات در پستهای کشور، اغلب با توجه به مطلب فوق و برای جبران اثر لنگر واژگونی، فونداسیون ها از دو بخش پدو پداس تال تشکیل شده اند تا وزن خاک روی پد اثر لنگر را جبران نماید.
۷	انکربولت ها	ناپایدار و آسیب پذیر (غیرقابل قبول)	ناپایدار و آسیب پذیر (غیرقابل قبول)	ناپایدار و آسیب پذیر (غیرقابل قبول)	همانطور که فونداسیون ها ظرفیت کمتری نسبت به نیروی وارده دارند انکربولت ها نیز دارای چنین وضعیتی هستند. و حتی ضوابط معرفی شده در IEEE-97 برای قطر را نیز ارضا نمی کنند و لذا می توان مجموعه پی و انکربولت را ناپایدار و نیازمند به بهسازی دانست.

جدول ۶- مقایسه مقادیر نیروها و کنترل شرایط پایداری و کفایت بخشهای مختلف CVT متناسب با روشهای بارگذاری و معیارهای پذیرش برای حالت های مختلف