

خطر زلزله در تهران و بررسی مدهای خرابی تجهیزات توزیع نیروی برق به‌هنگام زلزله

یعقوب مطاعی^{۱*} و دکتر بهرام عکاشه^۲

۱- کارشناس ارشد ژئوفیزیک، دانشکده علوم پایه، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استاد ژئوفیزیک، دانشکده علوم پایه، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

دریافت: آذر ۱۳۹۳، پذیرش: بهمن ۱۳۹۳

چکیده: جمعیت تهران روزبه‌روز در حال افزایش است تا جایی که به مرز ۱۲ میلیون نفر رسیده است. در تاریخ شهر تهران زلزله‌های زیادی مشاهده می‌شود و وقوع یک زلزله شدید در این منطقه دور از انتظار نیست. لذا عملکرد مقابله لرزه‌ای تأسیسات برق تهران باید برای یک زلزله شدید در آینده بررسی شود. در این مقاله به بررسی آسیب‌پذیری تجهیزات توزیع برق در زلزله و روش‌های بهسازی سامانه برق‌رسانی می‌پردازیم. نتایج حاصل از این پژوهش خسارات متفاوت برای تجهیزات مختلف شبکه‌های توزیع را نشان می‌دهد که در ادامه راهکارهایی جهت کاهش این خسارات پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی: تجهیزات توزیع برق تهران، ترانسفورماتور، عملکرد مقابله لرزه‌ای، آسیب‌پذیری تجهیزات توزیع، روش‌های بهسازی سامانه برق‌رسانی

مقدمه

است، لیکن با افزایش سطح اطلاعات مرتبط با لرزه‌خیزی کشور و آموزش و ترویج فرهنگ طراحی و بهسازی لرزه‌ای صحیح ساختمان‌ها، تأسیسات زیربنایی و شریان‌های حیاتی، می‌توان تا حد مطلوبی تلفات و خسارات ناشی از زلزله‌های آتی را کاهش داد. انرژی برق یکی از منابع مهم و حیاتی برای انجام بسیاری از فعالیت‌ها در بخش‌های مختلف جامعه است. نیاز به انرژی برق به‌خصوص در شرایط بحرانی پس از وقوع بلایای طبیعی مانند زلزله، برای انجام فعالیت‌های اضطراری و مدیریت بحران در بخش‌های مختلف ضروری است. از این‌رو بخش‌های مختلف مؤثر در تأمین برق (تولید، انتقال و توزیع) باید در شرایط بحرانی قادر به ادامه فعالیت خود باشند. با توجه به لرزه‌خیزی کشور ایران و تجربه خسارات گسترده ناشی از زلزله در گذشته، لزوم ارزیابی لرزه‌ای بخش‌های مختلف شبکه‌های توزیع برق و ارتقای تراز

انسان از آغاز خلقت با موضوع بلایای طبیعی مواجه بوده و تلاش نموده است تا ضمن کنترل حوادث و سوانح طبیعی، زندگی خود را از این خطرات ایمن و محفوظ دارد. در میان بلایای طبیعی، زلزله از ویژگی‌های خاصی برخوردار بوده و در قرن گذشته به مدیریت بحران زلزله اهمیت بیش‌تری داده شده است. کشور ما از نظر لرزه‌خیزی در منطقه فعال جهان قرار دارد و به گواهی اطلاعات و مستندات علمی از خطر پذیرترین مناطق جهان محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر به‌طور متوسط هر پنج سال یک زمین‌لرزه با صدمات جانی و مالی بسیار بالا در نقطه‌ای از کشور رخ داده است و در حال حاضر ایران در صدر کشورهای است که وقوع زلزله در آن با تلفات جانی بالا همراه است. گرچه جلوگیری کامل از خسارات ناشی از زلزله‌های شدید بسیار دشوار

*عهده‌دار مکاتبات: motaei_1341@yahoo.com

-گسل شمال ری که زمین‌لرزه سال‌های ۸۵۵، ۸۶۴ و ۱۳۸۳ میلادی به فعالیت این گسل نسبت داده شده‌اند.

آسیب‌پذیری لرزه‌ای تجهیزات شبکه توزیع (ترانسفورماتورها)

ترانسفورماتورها اصلی‌ترین و گران‌ترین مؤلفه پست‌های توزیع ۲۰ کیلو ولت درون شهری هستند. آسیب به یک پست با ولتاژ بالا، می‌تواند سبب قطع برق یک یا چند منطقه برای چند روز و یا حتی چند هفته شود. این امر می‌تواند فعالیت‌های اساسی شهرها را برای مدتی مختل کند. در این بخش مدهای خرابی مربوط به ترانسفورماتورهای هوایی، زمینی و ساختمان پست شبکه توزیع مورد بررسی قرار گرفته و روش‌های بهسازی آن‌ها در برابر زلزله بیان می‌شود.

۱- آسیب‌پذیری لرزه‌ای در ترانسفورماتورهای هوایی:

ترانسفورماتور هوایی روی دو پایه بتنی قرار می‌گیرد. وزن ترانسفورماتورهای هوایی در حدود ۱٫۵ تن است. مد خرابی غالب این ترانسفورماتورها شکست یا لق شدن پایه ترانسفورماتور است که به علت ایجاد نیروی زیاد در آن به وجود می‌آید. در زلزله‌ها سقوط ترانسفورماتور به ندرت گزارش شده است اما لق شدن و لغزش آن معمولاً اتفاق افتاده است. ترانسفورماتورهای توزیع که روی تیرهای هوایی قرار می‌گیرد باید اتصالات کافی و مطمئن بر پایه و سکوی خود داشته باشند. به‌طور کلی در مورد مقاوم‌سازی تجهیزات پست‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. محل مهار و آرایش تجهیز باید طوری باشد که اتصال پیچی یا جوش در معرض ضربه و اصطکاک نباشد. ترانسفورماتورهای توزیع که روی تیرهای هوایی قرار می‌گیرد باید اتصالات کافی و مطمئن بر پایه و سکوی خود داشته باشند. مخازن ذخیره روغن باید مهار شده باشند. روش مناسب مهار نمودن تجهیزات سنگین پست جوشکاری به قطعات مهار شده در شالوده بتنی است. مقاومت خمشی کافی در شالوده در محل بارهای متمرکز ترانسفورماتور می‌بایست تأمین گردد. در حالت مهم بودن اثرات اندرکنش خاک و سازه تمهیدات لازم برای کاهش اثرات ضربه ناشی از زلزله باید در نظر گرفته شود. تأمین بوشینگ یدکی در پست یا تعویض بوشینگ‌ها با نوع ضد زلزله و از نظر طراحی بهبود وضع شالوده

ایمنی آن‌ها در برابر زلزله احساس می‌شود. در این مقاله با بررسی خطر زلزله در تهران و گسل‌های فعال در این منطقه به بررسی مدهای خرابی ترانسفورماتور که یکی از مهم‌ترین تجهیزات در شبکه توزیع برق می‌باشند، می‌پردازیم [۲].

خطر زلزله در تهران

بر اساس مطالعات آماری و زلزله‌هایی که پیش از این در ناحیه ری و تهران ثبت شده است با احتمال بیش از ۷۰ درصد به‌طور متوسط هر ۱۵۸ سال زلزله ویرانگر در این ناحیه رخ داده است. عامل اصلی وقوع زلزله در تهران وجود ۱۵ گسل در این منطقه است که سه گسل در این میان هر یک به‌تنهایی پتانسیل ایجاد زلزله‌ای بیش از ۷ ریشتر را دارا هستند. از جمله آن‌ها می‌توان به زلزله ۷٫۱ ریشتری در شهری در سال ۸۵۵ میلادی اشاره کرد.

گسل‌های فعال در تهران

تقریباً منشأ تمام زلزله‌های رخ داده در ایران گسل‌های فعال هستند. بنابراین شناخت گسل‌های فعال یا با قابلیت فعالیت در منطقه موردنظر از گام‌های اساسی در تعیین وضعیت لرزه‌زمین‌ساخت منطقه است. گسل‌ها، شکست‌های بزرگ پوسته زمین هستند که در راستای آن‌ها جابه‌جایی قابل ملاحظه (بزرگ‌تر از ۰٫۵ میلی‌متر و به‌طور معمول خیلی بزرگ‌تر از این حداقل جابه‌جایی) روی داده است. همواره این احتمال وجود دارد گسل‌هایی که در دوران فعلی وجود دارند و زمین‌لرزه‌های مخرب را به وجود آورده‌اند، در آینده‌ای دور یا نزدیک مجدداً فعال شده و زمین‌لرزه‌ای بزرگ را باعث شوند. گسل‌های مهم در محدوده شهر تهران به این شرح است [۵ و ۶]:

- گسل شمال تهران که زمین‌لرزه سال ۸۵۵-۸۵۶ میلادی و زمین‌لرزه سال ۱۱۷۷ میلادی به فعالیت این گسل نسبت داده شده است.

- گسل مشا نیز گسلی فعال و لرزه‌زا است و طول آن حدود ۲۱۰ کیلومتر و زمین‌لرزه‌های سال ۱۰۸۲ و ۱۸۱۱ و ۱۸۱۵ میلادی دماوند مربوط به فعالیت این گسل است.

- گسل جنوب ری که زمین‌لرزه سال‌های ۸۵۵، ۸۶۴ و ۱۳۸۳ میلادی مربوط به فعالیت این گسل بوده است.

و پوشینگ و مخزن روغن هستند که به طور معمول روی ترانسفورماتور قرار دارند و البته در بعضی موارد جداگانه نصب شده‌اند. این مؤلفه‌ها به دلیل وزن زیاد و همچنین قرار داشتن روی ریل‌های ساخته شده از تیر آهن مستعد واژگونی می‌باشند. مدهای آسیب بدنه ترانسفورماتور شامل لغزش در طول ریل و واژگونی یا خروج از ریل است. اهم مدهای آسیب پوشینگ‌ها و رادیاتور، نشت مواد روغنی از قسمت سرامیکی، خروج واشر و شکست سرامیک است. این شکست در محل اتصال واشر به بدنه، متمرکز می‌شود. خرابی قطعات سرامیکی گاهی بسیار قابل توجه است. در بدترین حالت ستون سرامیکی یا جرم متمرکز سقوط می‌کند یا اتصالات آن‌ها دچار آسیب شدید می‌شود [۱].



شکل ۲- ترانسفورماتور زمینی

در ساختمان پست، ترانسفورماتور در یک اتاق که اغلب آجری است، روی ریل قرار می‌گیرد. در این نوع ساختمان‌ها مد خرابی ریزش ساختمان پست و لغزش ترانسفورماتور از روی ریل است. ساختمان‌های آجری در هنگام زلزله بسیار آسیب‌پذیرند و حتی در صورت فروریختن قسمتی از آن‌ها احتمال آسیب‌دیدگی تجهیزات و کابل‌ها بسیار بالاست. بهتر است این ساختمان‌ها به صورت کاملاً بتنی ساخته شوند. اما برای جلوگیری از افزایش زیاد هزینه و زمان ساخت می‌توان به عنوان یک راه جایگزین صفحات فولادی تعبیه شده در دیوارهای آجری هم استفاده نمود. از طرفی به جای استفاده از صفحات فولادی می‌توان از صفحات الیاف کربن یا

می‌تواند به عنوان راهکار انتخاب گردد. جوش‌های این قطعات که وظیفه کنترل پایداری ترانسفورماتور را بر عهده دارند باید پاسخگوی تمام نیروهای وارده باشد. در هنگام جوشکاری و ترمیم جوش مسأله نفوذ جوش و حرارت ناشی از آن باید به دقت بررسی شود. تمهیدات لازم برای جابجایی ترانسفورماتور از قبیل قلاب در محل‌های مناسب در صورت وقوع زلزله باید در نظر گرفته شود. استفاده از قطعات انعطاف‌پذیر در اتصال پوشینگ به ترانسفورماتور کمک بسیار زیادی به بهبود رفتار آن می‌نماید. با استفاده از بست نگه‌دارنده در محل اتصال پوشینگ می‌توان از جابه‌جایی کلاهیک آن جلوگیری نمود. رادیاتورها باید مهار شده و دارای سختی کافی باشند تا در هنگام زلزله به اتصالات لوله‌های آن‌ها آسیب وارد نگردد. برای رادیاتورهای مجزا اتصال لوله‌ها به ترانسفورماتور باید دارای انعطاف‌پذیری کافی باشد. انعطاف‌پذیری کافی بین اتصال لوله‌ها با ترانسفورماتور و رادیاتور جهت جلوگیری از هرگونه نشت یا ترک ضروری است [۲].



شکل ۱- ترانسفورماتور هوایی

۲- آسیب‌پذیری لرزه‌ای در ترانسفورماتورهای زمینی:

ترانسفورماتورهای زمینی استفاده شده در سیستم برق تهران مدل ساده‌ای به صورت یک مقره سرامیکی روی یک جسم صلب است و جسم صلب یعنی بدنه ترانسفورماتور به طور عمده با چرخ روی ریل قرار گرفته است. قطعات الحاقی هم رادیاتورها

پانل‌های بتنی سبک پیش‌ساخته استفاده کرد [۲].

در راستای کابل (در تقاطع با گسل‌های راستا لغز) یا گسل نرمال باعث بیرون آمدن کابل‌ها و مد آسیب و پارگی کششی می‌شود. در نواحی روان‌گرا تغییر شکل بزرگ زمین باعث تغییر شکل کابل در جهت طولی و عرضی می‌شود [۴].

در این مقاله فقط خسارت ناشی از اثرات زلزله بر روی ترانسفورماتورها بررسی شد و مطالعه اثر زلزله بر سایر تجهیزات شبکه‌های توزیع در مقالات دیگر پیشنهاد می‌شود. علاوه بر مقاوم‌سازی تجهیزات شبکه توزیع جهت مقابله با زلزله عواملی از قبیل تبادل اطلاعات و همکاری نهادهای مختلف، تعریف و اولویت‌بندی فعالیت‌های مورد نیاز پیش‌بینی، پیش‌گیری و آمادگی در زلزله، طراحی و تأمین سامانه‌های سیار و نیمه سیار برای جایگزینی سریع در شرایط اضطراری، آموزش و آگاهی کلیه کارکنان و مشترکین جهت مواجهه با شرایط بحران ضروری است.

نتیجه‌گیری

- ۱- خسارت ناشی از زلزله برای هر یک از تجهیزات شبکه‌های توزیع می‌تواند به صورت متفاوت ظاهر گردد.
- ۲- طراحی اتصالات تجهیزات الکتریکی (ترانسفورماتورها) باید به گونه‌ای باشد که در برابر زلزله استقامت کافی داشته باشند.
- ۳- آموزش و آگاهی کارکنان و هماهنگی ارگان‌های خدماتی با یکدیگر می‌تواند خسارات ناشی از زلزله را کاهش دهد.



شکل ۳- ساختمان پست

البته به جز ترانسفورماتورها تعداد بسیار زیادی از تجهیزات در شبکه برق مانند تجهیزات پست‌ها، تیرها، کابل‌ها و غیره آسیب‌پذیر هستند. مطالعات نشان داده‌اند که تیرهای برق تحت شتاب 0.08 gal در شرایط خاک معمولی به سرعت دچار آسیب می‌شوند. لذا مطالعات بهسازی لرزه‌ای در مورد آن‌ها ضروری است. از آنجایی که شتاب قائم زلزله در نزدیک گسل بزرگ است، باید اقدامات ویژه‌ای در مناطق نزدیک به گسل انجام پذیرد. کابل‌های مدفون نیز در اثر تنش بیش‌ازحد، ناشی از حرکت معکوس گسل نسبت به راستای کابل یا گسل فشاری دچار خرابی می‌شود. حرکت گسل

مراجع

- [۱] "راهنمای طراحی لرزه‌ای سامانه برق‌رسانی"، ۱۳۹۱، نشریه شماره ۶۰۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
- [۲] "گزارش نهایی مقابله با زلزله در شبکه برق تهران، مرکز مطالعات بحران‌های طبیعی"، ۱۳۸۵، دانشگاه صنعت آب و برق، جلد سوم
- [۳] "گزارش نهایی ارزیابی آسیب‌پذیری و هزینه‌های بهسازی ساختمان‌های اداری و ستادی شرکت توزیع برق تهران"، ۱۳۸۹
- [۴] مطاعی، ی، ۱۳۹۲، "مطالعه آسیب‌پذیری و مقاوم‌سازی لرزه‌ای تجهیزات شبکه‌های توزیع نیروی برق (پایلوت منطقه برق رودکی)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- [5] Berberian, M. and Yeats, R.S., 2001, "Contribution of archaeological data to studies of earthquake history in the Iranian plateau", j. struct. Geol.
- [6] Berberian, M., Qoreishi, M., Arzhangraves B., Mohajer-Ashjai, A., 1985, "Recent tectonic, seismotectonics and earthquake-fault hazard study of the greater Tehran region." Geol. Surv. Iran, Rep.56

Earthquake hazard in Tehran and the study of failure moods of power distribution equipment during earthquake

Y. Motaei^{1,*} and B. Akashe²

1. MSc in Geophysics, Faculty of Basic Sciences, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Prof. of Geophysics, Faculty of Basic Sciences, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: November 2014, Accepted: January 2015

Abstract: The population of Tehran is increasing and soon it's going to reach 12 million people. Many earthquakes have been examined in the history of Tehran, and the possibility of occurring a destructive earthquake in this area is expected. Therefore the anti-vibration function of Tehran's electrical power facilities must be checked against a severe earthquake. Vulnerability of power distribution equipment and optimization methods of power system are going to be discussed in this essay. The result of this study will determine different possible damages to power distribution networks equipment followed by some solutions suggested to keep the damages in minimum..

Keywords: Tehran electrical power distribution equipment, Transformer, Anti-vibration function, Vulnerability of power distribution equipment, Optimization methods of power system

*Corresponding author Email: motaei_1341@yahoo.com