unesco
Category 2 Centre under the auspices of UNESCO
RCECWA
Regional Education and Research Center on Earthquake Risk Management and Resilience for West and Central Asia
International Institute of Earthquake Engineering and Seismology

توسعه آسیب‌پذیری فیزیکی، ریسک و مدل تاب‌آوری عملکرد شبکه برق در برابر زلزله (مطالعه موردی: شبکه انتقال برق قم)

محسن غفوری آشتیانی
استاد پژوهشکده مهندسی سازه ashtiany@iiees.ac.ir

بابک منصوری، مرتضی بسطامی، مهبان ارغوانی

تحلیل تاب‌آوری شبکه‌های برق مستلزم ارزیابی عملکرد آنها در مواجهه با خطرات تهدیدکننده در طی زمان بازیابی است. با این حال، اتصالات متنوع بین اجزای مختلف تشکیل‌دهنده سیستم، مطالعه رفتار شبکه‌ای سیستم‌های قدرت را پیچیده می‌کند. این تحقیق با هدف ارائه چارچوبی کاربردی با سرعت محاسباتی مناسب و دقت قابل قبول در برآورد تاب‌آوری، زمان بازیابی، و عملکرد فیزیکی شبکه‌های برق در برابر زلزله به گونه‌ای تدوین شده است که هر دوی کارشناسان برق و زلزله بتوانند به راحتی از آن استفاده کنند. رویکرد این چارچوب در ارزیابی تاب‌آوری، سنجش عملکرد لرزه‌ای شبکه تا پایان بازیابی عملکرد از دست رفته است. چارچوب ارائه شده با پیاده‌سازی تحلیل مؤلفه-محور سیستم در مدل گراف شبکه-محور آن، یک شاخص عملکرد لرزه‌ای ارائه کرده است. این شاخص بر اساس تفکیک اجزای تحت سرویس برق، قطعات از مدار خارج شده در اثر آسیب فیزیکی مستقیم و قطعات از مدار خارج شده با آسیب فیزیکی غیرمستقیم محاسبه شده است (تحلیل شبکه-محور). شاخص پیشنهادی همچنین ظرفیت فیزیکی از دست رفته/باقی‌مانده در هر دوی بخش‌های تحت سرویس و خارج شده از سرویس برق را در نظر گرفته است (مؤلفه-محور). در نتیجه، می‌تواند بین اجزای شبکه فراتر از طبقه‌بندی دوگانه عملکرد و خرابی تمایز قائل شود. به عبارت دیگر، در این مطالعه با حفظ ویژگی‌های مثبت تحلیل دودویی اتصال، دقت بالاتری برای تخمینی اولیه از عملکرد فیزیکی سیستم بدست آمده است. تنوع سناریوهای لرزه‌ای برای مطالعه موردی انتخاب شده، امکان بررسی و مقایسه حالت‌های مختلف عملکرد شبکه را در سه سطح خاموشی فیزیکی مطلق، خاموشی فیزیکی جزئی، و عدم خاموشی فیزیکی فراهم می‌کند. این چهارچوب همچنین بر مشکل عدم تمایز سناریوهای لرزه‌ای مختلفی که با وجود مقادیر متفاوتی از تاب‌آوری، عملکرد، آسیب فیزیکی، و زمان بازیابی، دارای نتایج یکسانی از نظر شاخص‌های الکتریکی سنجش عملکرد شبکه هستند نیز غلبه نموده و آنها را از یکدیگر تفکیک می‌نماید. کارایی عملی چهارچوب، تأیید شده توسط یک مدل گراف ساده از شبکه، در کنار مزایایی مانند دقت بالاتر نسبت به تحلیل اتصال رایج، سادگی و سرعت، می‌تواند آن را به روشی کاربرپسند در مطالعات بین رشته‌ای برق و مهندسی زلزله تبدیل کند.

واژه‌های کلیدی: شبکه انتقال برق، زلزله، تاب‌آوری فیزیکی، بازیابی، شاخص عملکرد، خاموشی فیزیکی مطلق/جزئی

Development of Physical Vulnerability, Risk and Resilience Model of Electricity Grid Network Subjected to Earthquake (Case Study: Qom Power Grid Network)

Mohsen Ghafory-Ashtiany
Professor, Structural Engineering Research Center
ashtiany@iiees.ac.ir

Babak Mansouri, Morteza Bastami, Mahban Arghavani

Resilience analysis of power grids requires their performance assessment during threatening hazards. However, the diverse connections among various constituent components make studying power grids' network behavior complicated. This study aims to present a practical framework with appropriate computational speed and acceptable accuracy in estimating the seismic physical performance of power grids, such that both electrical and earthquake experts can easily use it. The framework has provided a performance indicator by implementing the system's component-based analysis in the network-based graph model. This indicator has been calculated based on distinguishing the components under power service, failed components by direct physical damage, and failed components by indirect physical damage from each other (network-based). The proposed indicator has also considered the physical capacity lost/remaining in both under-service and out-of-service components (component-based). Consequently, it can distinguish among the network components beyond the binary classification of performance and failure. In other words, while maintaining the positive features of binary connectivity analysis, higher accuracy has been obtained for a preliminary estimation of the system's physical performance. The variety of seismic scenarios for the selected case study provided the possibility of examining and comparing different network performance states in three levels: physical blackout, physical outage, and no physical interruption. The practical functionality of the indicator, verified by a prototype graph, and the merits such as higher accuracy than commonly used connectivity analysis, simplicity, and rapidity make it a user-friendly method in interdisciplinary studies of electricity and earthquake engineering.

Keywords: Power transmission grid, Earthquake, Resilience, Recovery, Physical vulnerability, Performance indicator, Physical outage/blackout, Direct/Indirect outage