

Gestion des risques naturels

Comment l'hôpital doit-il être conçu et organisé pour assurer sa fonction dans un contexte de catastrophe naturelle ?

CONTINUE DE L'ALIMENTATION ELECTRIQUE DANS LES HOPITAUX EXPOSES AUX RISQUES SISMIQUES

Giuseppe PARISE,
Service d'ingénierie électrique
Université de Rome "La Sapienza"
ITALIE

1. Introduction

Dans les hôpitaux et les bâtiments stratégiques à niveau d'occupation élevé, les systèmes électriques sont généralement conçus sans prendre en compte des mesures antisismiques spécifiques, et la disposition des locaux contenant les fonctions stratégiques ne reposent que sur des exigences logistiques. La disposition des équipements dépend entièrement de l'expérience et du bon sens du concepteur. Les critères mécaniques et électriques pour la conception et l'installation doivent devenir plus stricts en fonction des catégories d'occupation du bâtiment (hôpitaux, bâtiments stratégiques).

Un objectif important est de coordonner les critères de conception non structurels avec une disposition de l'architecture du système qui permet d'éviter ou de limiter intrinsèquement l'exposition aux risques sismiques dans la mesure où cela est possible par rapport aux restrictions de l'installation.

2. Classes de fonctionnement des systèmes électriques

Les objectifs suivants sont identifiés pour le fonctionnement électrique des bâtiments par rapport aux phénomènes sismiques :

- pour assurer la sécurité du personnel pendant le tremblement de terre et pour limiter les dommages ;
- pour rétablir l'alimentation électrique peu après le tremblement de terre ;
- pour maintenir l'alimentation électrique pendant et après le tremblement de terre.

Toute conception de bâtiment doit obligatoirement se conformer au premier objectif tandis que les deux objectifs suivants sont ajoutés en fonction de la criticité ou de l'importance du bâtiment.

Les trois objectifs décrits ci-dessus nous conduisent à définir trois classes de fonctionnement utilisés dans les critères de conception, couvrant le fonctionnement du système entier, de ses sous-ensembles et des composants électriques individuels liés aux exigences de l'installation et aux caractéristiques mécaniques et électriques requises pour la résistance antisismique envisagée.

1) Première classe de fonctionnement limitant les dommages possibles causés par les éléments du système

Au minimum, les sous-ensembles ne doivent pas chuter pendant le tremblement de terre afin de ne pas piéger les personnes à proximité qui pourraient être blessées par le poids des équipements. Limiter les vacillements des équipements et empêcher ceux-ci de se déplacer permet que les conducteurs et câbles de connexion ne soient étirés au-delà du point de rupture, ce qui pourrait alors générer des courts-circuits.

2) Seconde classe de fonctionnement garantissant le fonctionnement mécanique des sous-ensembles du système

Le fonctionnement des équipements électriques (interrupteurs et tableaux de commande, moteurs d'ascenseurs, dispositifs d'éclairage, alimentation par onduleur) et du système d'alimentation électrique (répartiteurs, sous-répartiteurs, circuits) est rétabli peu après le tremblement de terre. L'alimentation peut être interrompue pendant le tremblement de terre (les secousses peuvent forcer les contacts électriques à changer d'état), mais les dommages subis par les équipements doivent être minimes ou inexistant, et des réparations ou réglages mineurs doivent permettre de reprendre le fonctionnement. Les exigences pour empêcher le déplacement des équipements décrits dans la première classe restent obligatoires. Pour les systèmes de seconde classe, il conviendra d'utiliser des composants dotés d'une « résistance mécanique aux tremblements de terre », c'est-à-dire certifiés pour le fonctionnement électrique après le tremblement de terre.

3) Troisième classe de fonctionnement garantissant le fonctionnement électrique des composants du système

Aucune interruption de l'alimentation des services vitaux n'est autorisée pendant et après le tremblement de terre, c'est-à-dire que ces composants sont considérés comme systèmes d'alimentation ininterrompue de courant. Les systèmes de la troisième classe doivent être des composants dotés d'une « résistance électrique aux tremblements de terre », c'est-à-dire certifiés pour le fonctionnement électrique pendant et après le tremblement de terre.

3. Conception et installation : critère mécaniques

Comme le concepteur mécanique, qui doit concevoir une structure en tenant compte des surcharges tout en considérant les coûts optimaux, la facilité d'utilisation, la fiabilité, etc., le concepteur électrique doit étudier le « poids », c'est-à-dire la puissance électrique des composants et déterminer le « point de levier » approprié pour le réglage. La conception de systèmes d'alimentation « exposés à des risques de contraintes extérieures » doit tenir compte du « poids/couple » par rapport à la force spécifique, tels que le poids et le couple réel des éléments au cours d'un événement sismique. L'objectif de l'« architecture » de conception utilisée pour des systèmes d'alimentation en zones à activité sismique est de satisfaire aux exigences de sécurité, de maintenance, de fonctionnement et de fiabilité tout en minimisant la mise en œuvre de composants spéciaux et de concepts complexes. Les critères de conception mécaniques des composants électriques individuels incluent la coordination de plusieurs tactiques complémentaires pour atteindre les mêmes objectifs :

- 1) Minimiser le poids (W_p) de chaque composant du système (*approche du microsysteme*) ;
- 2) Minimiser l'exposition aux risques sismiques (réduction de l'exposition à la force sismique, caractérisée par le taux de hauteur d'installation z/h , désigné également comme protection passive, dans quel cas z = hauteur de la structure au point de fixation du composant et h = la hauteur de toit moyenne de la structure par rapport au niveau) ;
- 3) Dimensionnement et installation des composants de sorte qu'ils tolèrent ou résistent aux forces sismiques escomptées (F_p), concentrés au centre de gravité du composant et diffusés par rapport à la distribution de la masse du composant.

Le rapport z/h est un paramètre caractéristique pour la définition des critères électriques et mécaniques de conception et d'installation. Il correspond à la position relative dans la structure et sa valeur peut s'étendre de 0 (rez-de-chaussée) à 1 (niveau du toit).

Dans les hôpitaux et applications critiques, il est nécessaire d'assurer l'alimentation électrique des composants après un tremblement de terre. Pour les équipements dont le poids est plus que négligeable, il est nécessaire d'installer des supports et des ancrages (amortisseurs, boulons, consoles ou montage sur silent-blocs), de sorte à contrecarrer et supporter les forces de cisaillement et le couple de flexion produits par la force F_p , améliorant ainsi la réponse structurelle.

Outre les composants susnommés, les batteries, les modules convertisseurs-redresseurs, les équipements de commande et de surveillance électrique, les boîtiers des dispositifs d'éclairage, les faux-plafonds suspendus et les chemins de câbles doivent égale-

ment être pris en compte dans l'évaluation sismique et les techniques d'ancrage spéciales.

Les équipements installés sur le haut du toit ou à un autre endroit à l'extérieur du bâtiment peuvent être exposés à des forces éoliennes qui suffisent pour causer des sollicitations significatives au niveau des points d'ancrage. Le choix des méthodes et supports d'ancrage pour les équipements extérieurs doivent prendre en compte les forces éoliennes et sismiques.

4. Conception et installation : critères électriques

Les critères de conception électriques de base du système d'alimentation électrique comprennent les points suivants :

- 1) La protection passive des composants et du système d'alimentation (éléments locaux pour minimiser les forces sismiques) ;
 - 2) L'installation appropriée des composants pour tolérer ou résister aux forces escomptées (F_p) ;
 - 3) La mise en place d'une alimentation électrique spécifique dont la structure résiste aux tremblements de terre. La distribution par balais (Figure 1) satisfait aux critères mécaniques pour installer des équipements de grande taille et lourds au sein des limites faibles du coefficient de hauteur d'exposition. Elle ne dépasse ce coefficient qu'avec des équipements à distribution par circuits et des composants de faible poids.
- Les critères électriques doivent également inclure ces facteurs qui assurent le fonctionnement, la sécurité et l'alimentation ininterrompue des éléments électriques.
- La protection passive des composants et du système d'alimentation a déjà été décrite.

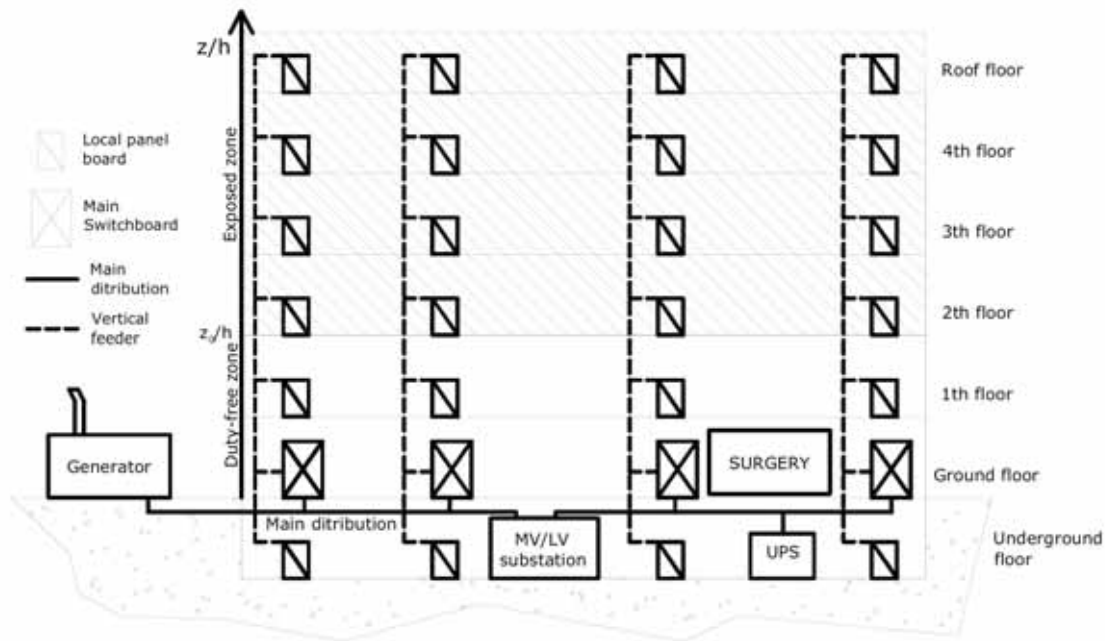


Fig. 1 : Schéma spécifique de distribution "en peigne" de la puissance électrique d'un hôpital : les implantations des zones dédiées aux patients doivent être coordonnées au mieux avec le principe de distribution "en peigne".

Lorsque la protection passive n'est pas donnée, des composants ayant bénéficié d'une qualification pour leur résistance et tolérance des forces sismiques doivent être mis en place.

Approche par microsystemes dans la conception de l'architecture des systemes d'alimentation électriques

Un critère de base pour le dimensionnement de l'architecture d'un système électrique repose sur l'approche par microsystemes qui adapte la disposition du système au composant réel (IB courant de charge fourni), facilite l'implémentation de plus petites tailles économisant de l'énergie et des coûts globaux, comme utiliser des distributions et schémas séparés pour les différents types de charges. Cette solution permet la sélection de dispositifs à circuits protégés à des valeurs nominales relativement faibles, fournissant ainsi une protection naturelle efficace de défaillances minimales sur ces mêmes circuits.

En fait, cette protection permet de limiter les conséquences possibles associées aux produits auxiliaires de défaillances naturelles, c'est à dire la création d'arcs électriques et de surchauffes locales, ou l'opposé, dans quel cas la défaillance se coupe automatiquement sans détection ni isolation. Ce type de protection est particulièrement adapté à toutes les alimentations électriques exposées à des risques sismiques ou d'incendie.

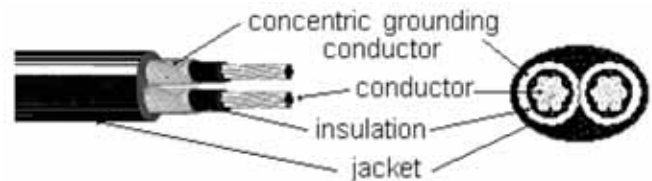


Fig. 2 Câbles à court-circuit forcé à la masse de type GFFC à double conducteur avec blindage conducteur concentrique (terre) pour chaque conducteur.

Protection contre les arcs de court-circuit

Dans les systèmes d'alimentation électrique, les câblages exposés à des dommages mécaniques et d'autres sollicitations de l'isolation (y compris les câblages non fixés et câblages mobiles ou rallonges) peuvent présenter des défaillances entraînant des arcs électriques et des brûlures. Une protection doit être fournie pour prévenir la suppression autonome des défaillances, qui restent alors indétectées et sous tension. Une protection intégrale peut être réalisée en câblant les circuits et notamment les rallonges avec des câbles d'alimentation spéciaux. Les câbles à court-circuit forcé (GFFC, Fig. 2) convertissent un court-circuit entre deux câbles en un court-circuit entre le câble et la terre, qui sera détecté et protégé par des dispositifs de protection ordinaires contre les courts-circuits (GFPD).

Distribution “en peigne”

Les critères de minimisation de poids et d'exposition aux risques sismiques peut être poursuivi en installant des transformateurs, des groupes électrogènes et des alimentations basse tension aussi près que possible de la charge et en appliquant l'approche par microsysteme à la configuration de l'architecture électrique. Un type d'alimentation spécial, la distribution en peigne, permet d'installer les équipements les plus lourds (transformateurs, groupes électrogènes, moteurs, tableaux de commande) au rez-de-chaussée ou au sous-sol.

La charge électrique des niveaux supérieurs (y compris l'éclairage et les appareils) doit être répartie en secteurs verticaux (ou « tours ») plutôt qu'horizontalement sur un même plan de chaque niveau. Ainsi les rez-de-chaussées deviennent l'emplacement préférentiel pour les transformateurs et les groupes électrogènes locaux (un ou plusieurs), les tableaux de commande principaux, les distributions des circuits horizontaux et les tableaux de distribution. A partir de ces tableaux de commande, les sous-alimentations verticales alimentent les tableaux de commande locaux des charges des secteurs verticaux au-dessus (disposition de circuits à balais). La disposition des zones et services fonctionnels au sein du bâtiment doit se conformer à cette approche. Le concept des aspects électriques doit être organisé par une coordination étroite avec les aspects architecturaux, mécaniques, structurels et civils et doit impliquer le propriétaire ou exploitant des bâtiments.

5. Conclusions

Le concept et l'installation du système électrique dans les bâtiments exposés à des risques sismiques doit prendre en compte de nombreux critères mécaniques et électriques. Au moins trois niveaux de performances sont identifiés pour les équipements, y compris la résistance aux sollicitations sismiques, le rétablissement du fonctionnement après le tremblement de terre et la garantie du fonctionnement durant et après le tremblement de terre. La planification des systèmes est la phase la plus importante de la conception d'un système d'alimentation électrique pour les bâtiments stratégiques situés dans des zones à risques sismiques. L'adoption de l'approche par microsysteme pour la modélisation d'une architecture électrique et la « distribution à balais » fourniront une aide considérable pour limiter les problèmes des alimentations électriques dans les zones subissant une activité sismique.

Références

- [1] FEMA NEHRP Recommended Provisions and Commentary for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, by the Building Seismic Safety Council. Rep. no. FEMA 450. Washington, DC, 2003.
- [2] Standard Council of New Zealand. Seismic performance of engineering systems in buildings. Standard no. NZS 4219. 2009.
- [3] European Committee for Standardization (CEN). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part. 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. EN 1998:2004. Bruxelles, 2004.
- [4] ANSI/IEEE STD 602-1986, IEEE Recommended Practice for Electric Systems in Health Care Facilities
- [5] G.Parise, F. Ferranti, R. Colozza “Tentative criteria for the design and installation of electrical power systems subject at seismic hazard,” 1995 IEEE/IAS I&CPS San Antonio Texas May 8-11 IEEE Transactions on IA Sept – Octobre 1997 p. 1342-1347
- [6] G. Parise, L. Martirano “Electrical Power System in Buildings with Higher Risk for Seismic Event”, IEEE/IAS Conference, 2004. 39th IAS Annual Meeting. 3-7 Oct. 2004
- [7] G. Parise, L. Martirano, R.E. Nabours “Arc Fault Protection of Branch Circuits, Cords and Connected Equipment”, IEEE Trans. on IA ,Vol: 40, mai-juin 2004.
- [8] G. Parise, L. Parise “Microsystem criteria in electrical installations ecodesign”, 2010 IEEE/I&CPS Technical Conf., Tallhassee, Florida, USA, mai 9-13
- [9] G.Parise, L. Martirano, G.Fox “Electrical Power Systems Availability In Buildings Exposed To Seismic Hazard Part I - Electrical Criteria Part II -Mechanical Criteria” IEEE Transactions on IA, Volume: 47, janvier-février 2011, pages: 292-300
- [10] G. Parise, M. De Angelis, A. Reggio “A Darwinian Evolution Of Electrical Power Systems Design For Preventing Seismic Risks In Sensitive Buildings”, 2011 IEEE/I&CPS Technical Conf., Newport Beach, California, USA, mai 1-5