

IL RISCHIO SISMICO E GLI IMPIANTI ELETTRICI IN EDIFICI STRATEGICI

Prof. Ing. Giuseppe Parise, Titolare di Distribuzione ed Utilizzazione dell' Energia Elettrica, Facolta' di Ingegneria, Universita' - La Sapienza - Via Eudossiana 00100 Roma

Sommario.

Questo articolo vuole mettere in discussione l' opportunita' di studiare criteri di progettazione e di installazione degli impianti elettrici in edifici a rischio sismico.

Al momento non esiste alcun codice nazionale (come : UBC, SEAOC, NEHRP) che definisce le modalita' tecniche per la realizzazione di impianti soggetti a rischio sismico, in edifici civilmente strategici, in relazione al problema della continuita' di servizio ed alla affidabilita' degli impianti.

L' articolo analizza le problematiche che il terremoto pone all' affidabilita' funzionale e alla continuita' di alimentazione degli impianti elettrici. Quindi, propone criteri per la progettazione e la installazione, da graduare a secondo delle caratteristiche strategiche o di presenza persone.

I criteri relativi alla installazione dei componenti elettrici sono sostanzialmente una opportuna estensione di quelli generali statici per componenti non strutturali. La loro considerazione si rivela essenziale alla definizione di criteri di progettazione, che a livello di configurazione e di dimensionamento del sistema elettrico mirano a limitare i problemi di installazione stessa .

Altri criteri di progettazione di tipo generale, finalizzati alla garanzia della continuita' dell'alimentazione, trovano una particolare utilizzazione in queste applicazioni.

Fondamentale e' comunque la collaborazione fin dal progetto preliminare tra ingegnere elettrico e strutturista.

1. Introduzione

Nell'ambito delle applicazioni di ingegneria e' auspicabile che una parte della ricerca in campo antisismico sia indirizzata non solo allo studio delle strutture, ma anche allo studio degli impianti tecnologici ed in particolare degli impianti elettrici.

Tale auspicio e' ampiamente giustificato dall' elevato numero di edifici che dopo un sisma, seppur integri nella struttura, sono stati dichiarati inagibili perche' limitati nella loro funzionalita' da danni non strutturali.

Si citano a riguardo quali tipici danni agli impianti:

- il completo arresto degli ascensori per malfunzionamenti impiantistici di origine meccanica o elettrica;
- i trasformatori di alimentazione se non vengono ancorati, ma sono solamente appoggiati su carrelli di sostegno con ruote bloccate, possono uscire dalle rotaie e rompere le connessioni;
- i quadri di manovra ed i componenti pesanti (motori) possono essere danneggiati se non sono ancorati alle pareti o ai muri portanti della struttura; il crollo di pannelli non-strutturali, solo di separazione, nelle vicinanze di quadri o trasformatori di alimentazione, possono causare alterazioni ed eventuali interruzioni ai sistemi di alimentazione elettrica.
- le rastrelliere o le intelaiature, che contengono le batterie per l'alimentazione di continuita' assoluta, si possono deformare alterando la conformazione delle sbarre di connessione tra le batterie ed interrompendo i contatti elettrici esistenti;
- le lampade ed gli apparecchi luminosi a reattore pesante fissati labilmente (tramite un bullone) ai controsoffitti, cadendo provocano gravi danni.

Per garantire l'operativita' del servizio elettrico di un edificio e' necessaria l'analisi delle problematiche che il terremoto pone all' affidabilita' funzionale e alla continuita' di alimentazione degli impianti elettrici, e , quindi, proporre criteri di progettazione e di installazione, da graduare a secondo delle categorie degli edifici.

Per ovvi motivi economici, e' possibile prevedere solo criteri generali di una progettazione antisismica di base per gli impianti elettrici di tutti gli edifici ed insediamenti industriali delle aree a rischio sismico; mentre e' necessario individuare quelle strutture che, a causa di loro particolari caratteristiche (forte indice di affollamento, funzioni di supporto al soccorso civile e medico, funzioni a rischio per la comunita', ecc.), possono definirsi "strategiche" e per le quali sara' necessario prevedere una progettazione antisismica con criteri piu' specialistici.

Sono da considerare a rischio sismico, non solo i luoghi affollati durante il normale esercizio delle attivita' (cinema, teatri, scuole, caserme militari in genere, uffici pubblici), ma anche ed in particolar modo gli edifici "strategici" che necessitano di continuita' nel servizio degli impianti tecnologici (in particolare elettrici) quali

ospedali, sede dei vigili del fuoco, stazioni ferroviarie, edifici aeroportuali, perché ospitano strutture e servizi la cui importanza rimane rilevante in situazione di eventi sismici

Al momento non esiste alcun codice nazionale (come : Uniform Building Code UBC, Structural Engineers Association of California SEAOC, National Earthquake Hazards Reduction Program NEHRP) che definisce le modalità tecniche per la realizzazione di impianti soggetti a rischio sismico, in edifici civilmente strategici, in relazione al problema della continuità di servizio ed alla affidabilità degli impianti.

Per il conseguimento degli obiettivi si possono individuare nei criteri progettuali differenti livelli di tutela della funzionalità dell'impianto globale o di sue parti e dei singoli componenti durante il sisma: - tutela da possibili danni causati dagli impianti; - tutela della funzionalità meccanica dei componenti; - tutela della funzionalità elettrica dei componenti dell'impianto. Altri criteri di progettazione di tipo generale, finalizzati cioè alla garanzia della continuità dell'alimentazione, trovano una particolare utilizzazione in queste applicazioni.

Quindi, i criteri relativi alla installazione dei componenti elettrici sono sostanzialmente una opportuna estensione di quelli generali statici per componenti non strutturali. La loro considerazione si rivela essenziale alla definizione di criteri di progettazione, che a livello di configurazione e di dimensionamento del sistema elettrico mirano a limitare i problemi di installazione stessa. Si rivela pertanto indispensabile ed essenziale un più significativo sforzo di collaborazione tra strutturisti ed impiantisti.

2. Esigenze funzionali e specifiche tecniche per la progettazione e la installazione degli impianti

Generalmente negli edifici "strategici" od elevato indice di affollamento, gli impianti sono progettati senza alcuna misura antisismica e la disposizione dei locali necessari all'esercizio delle funzioni strategiche, tenendo conto esclusivamente delle esigenze logistiche e confidando solamente sull'esperienza e sul buon senso del progettista.

Per garantire l'operatività di una struttura strategica, i carichi elettrici da classificare come preferenziali, alimentati con sistemi locali di emergenza, sono la quasi totalità dei carichi presenti. Infatti, e da prevedersi la disalimentazione generale dell'Ente distributore con tempi di ripristino MTTR non facilmente valutabili.

Eccettuati i carichi che necessitano di una continuità assoluta di alimentazione o con interruzione molto breve come le luci di sicurezza, per tutti gli altri è senz'altro consigliabile, l'attuazione di una tutela passiva dell'impianto, che prevede la disalimentazione elettrica durante le prime fasi del fenomeno sismico per prevenire guasti, corto circuiti, l'accessibilità temporanea a parti in tensione. In tal caso, non è necessario utilizzare componenti con caratteristiche di "resistenza elettrica al sisma", cioè che siano garantiti per il funzionamento elettrica durante il sisma

Rispetto al convenzionale regime di esercizio in emergenza, pertanto è consigliabile una alimentazione ritardata oltre le prime fasi del fenomeno sismico.

È necessario a tale scopo collocare dispositivi ad elevata sensibilità alle frequenze basse, come accelerometri, che interrompano l'alimentazione della rete durante le prime fasi del sisma consentendo poi il ritorno dell'alimentazione da rete o, in mancanza, l'inizio della procedura di commutazione sull'alimentazione di emergenza.

A tal fine si rammenta come i terremoti generalmente durino meno di un minuto (con riferimento alla scossa violenta del suolo), anche se l'evento sismico globale si evolve nell'arco di tempi più lunghi.

L'obiettivo di funzionalità elettrica di ciascun edificio strategico in relazione all'evento sismico può caratterizzarsi:

- 1) nel garantire la sicurezza delle persone e nel preservare le apparecchiature durante il sisma;
- 2) nel mantenere l'esercizio elettrico subito dopo il sisma;
- 3) nel mantenere l'esercizio elettrico durante e dopo il sisma.

Per il conseguimento degli obiettivi si possono individuare nei criteri progettuali tre livelli di tutela della funzionalità dell'impianto globale o di sue parti e dei singoli componenti durante il sisma:

- un primo livello di tutela da possibili danni causati dagli impianti;
- un secondo livello di tutela della funzionalità meccanica dei componenti;
- un terzo livello di tutela della funzionalità elettrica dei componenti dell'impianto.

1. Il primo livello di tutela deve conseguire l'obiettivo almeno di evitare cadute dei componenti durante il sisma e quale tutela passiva la disalimentazione dell'impianto.

2. Il secondo livello di tutela deve conseguire l'obiettivo di mantenere la funzionalità di apparecchiature elettriche (quadri elettrici generali o di zona o di utenza, motori per ascensori, apparecchiature di illuminazione, batterie di continuità, apparecchi di controllo) e della distribuzione elettrica dell'impianto utilizzatore (montanti elettrici, dorsali e circuiti di derivazione elettrica) subito dopo l'evento sismico. Si mantengono invariati il criterio a tutela passiva dell'impianto come nel primo livello. Per impianti di secondo livello, sarà necessario utilizzare componenti con caratteristiche di "resistenza meccanica al sisma", cioè che siano garantiti per il funzionamento elettrico dopo il sisma.

3. Il terzo livello di tutela deve conseguire l'obiettivo di garantire l'alimentazione no-break dei servizi essenziali durante e dopo il sisma, come i sistemi di continuità assoluta (batterie ed inverter). Per impianti di terzo livello, sarà necessario utilizzare componenti con caratteristiche di "resistenza elettrica al sisma", cioè che siano garantiti per il funzionamento elettrica durante il sisma.

3. Comportamento degli impianti in caso di evento sismico

Il moto sismico del terreno è il risultato della propagazione di sistemi complessi di onde su tre componenti ortogonali di traslazione (due componenti orizzontali ed una verticale).

Non è possibile conoscere con assoluta esattezza la forza sismica che sollecita la struttura di un edificio e di conseguenza quella che agisce sui componenti dell'impianto.

Le forze sismiche sulla struttura dipendono da numerosi fattori quali la sorgente del sisma, la distanza dal luogo esaminato, le caratteristiche geologiche del terreno in cui si propaga l'onda sismica e del sito in cui si colloca l'edificio, il tipo di sistema strutturale resistente, presente nella costruzione.

Sono possibili più approcci analitici a differenti livelli di sofisticazione :

1) rappresentazione delle forze sismiche mediante forze statiche equivalenti per la valutazione delle caratteristiche dinamiche, usando formule empiriche, prescindendo dal comportamento dinamico della struttura (SEAO) [1];

2) schematizzazione statica delle azioni sismiche, ma valutandone l'intensità in funzione del periodo proprio del primo modo di vibrare della struttura (UBC [2], NEHRP [3]);

3) analisi modale del comportamento dinamico della struttura;

4) analisi dinamica "al passo" includendo eventuali non linearità .

Regole rigorose di scelta tra i possibili approcci non ne esistono.

La procedura di analisi mediante forze statiche equivalenti, rappresenta adeguatamente il comportamento dinamico delle strutture cosiddette "regolari" che hanno una uniforme distribuzione della massa e della rigidità sia in pianta che in elevazione.

Per le strutture irregolari, che hanno una grossa eccentricità tra centro di massa e centro di rigidità ai vari piani, e' necessario utilizzare l'analisi dinamica tenendo conto delle caratteristiche proprie delle strutture (masse presenti, smorzamenti, rigidità).

I metodi di analisi della struttura sono importanti per valutare gli effetti di amplificazione del sisma ai vari piani di un edificio dove sono collocati gli impianti; non si può parlare di una azione diretta del sisma sull'impianto, ma di uno scuotimento filtrato dalla struttura.

La determinazione della forza sismica tramite una analisi statica, sollecitante gli impianti ed i componenti meccanici o elettrici di una certa importanza, è un metodo empirico che può condurre a risultati approssimati.

Non è corretto ritenere che per ciascun componente, di assegnato peso, si possa valutare univocamente tale forza nel punto di ancoraggio, prescindendo dalla frequenza propria di vibrazione del componente stesso da ancorare, oltre che da quelle della struttura.

La forza sismica da considerare per impianti flessibili dovrebbe essere determinata con metodi e modelli razionali tenendo in conto le caratteristiche dell'impianto, degli elementi di sostegno e della struttura tramite gli accelerogrammi ed i relativi spettri di risposta naturali od artificiali .

In particolare andrebbe determinato lo spettro di risposta del punto di installazione dell'elemento in perfetta analogia a come si definisce lo spettro di risposta del terreno di fondazione dell'edificio.

Bisognerebbe quindi conoscere una serie di accelerogrammi (Time Histories) del movimento del punto di ancoraggio da cui ricavare, per i vari valori dello smorzamento, l'involuppo degli spettri di risposta in funzione del periodo.

Si può anche procedere con i metodi ampiamente utilizzati nel campo dell'ingegneria nucleare , che ricavano gli spettri di risposta al piano direttamente dallo spettro di risposta di progetto dell'edificio utilizzando i risultati dell'analisi dinamica modale relativi alla struttura portante.

Tali metodi di analisi dinamica del comportamento degli impianti connessi con la struttura di supporto e degli elementi non strutturali, sono estremamente raffinati ed in genere vengono applicati solo a strutture di estrema importanza come le centrali di produzione dell'energia, le cabine di trasformazione AT/MT, gli impianti nucleari [5].

Per edifici strategici, in cui non è stato fatto preliminarmente uno studio dinamico della struttura, si può agire in via approssimata, supponendo che il comportamento dei componenti non strutturali sia disconnesso dalla risposta degli elementi strutturali.

Un tale approccio, basato sul metodo della forza statica, anche se è meno raffinato ed è più approssimativo rispetto ad analisi dinamiche con Time Histories o con Spettri di Risposta ai piani, ha il vantaggio di una estrema facilità di impostazione. Consente in ogni caso una prima valutazione cautelativa delle forze sismiche agenti, che per una ampia varietà di situazioni valori può ritenersi sufficiente.

Quasi tutti i codici di progettazione Californiani usano la stessa formula di base per stabilire qual'è la forza statica di progetto [1] [2] [3]:

$$F_p = Z C_p W_p$$

dove :

F_p = forza orizzontale applicata al componente non strutturale;

Z = coefficiente numerico che dipende dalla zona sismica in cui la struttura è collocata;

C_p = fattore di forza orizzontale che varia a seconda dei componenti non strutturali ;

W_p = peso di tutto o di una parte dei componenti non strutturali .

La differenza essenziale tra i modelli standard di progettazione è nel valore del coefficiente C_p .

4. Criteri meccanici ed elettrici di progetto e di installazione

Per garantire la protezione sismica dei componenti non strutturali e la funzionalità del servizio degli impianti di una struttura strategica , a seconda del livello necessario, possono individuarsi criteri meccanici ed elettrici di progettazione, sia di installazione, sia di scelta e dimensionamento, sia di strutturazione di impianto.

È fondamentale che la progettazione globale degli edifici sia coordinata ed in particolare che l'ingegnere elettrico e l'ingegnere strutturista collaborino nell'impostazione del progetto preliminare.

Quali criteri meccanici di base per il progetto e la installazione dell'impianto elettrico si citano:

- contenere la massa (W_p) dei singoli componenti elettrici
- minimizzare l'esposizione al rischio sismico (riduzione del coefficiente C_p);
- dimensionare ed installare componenti adeguati o in maniera adeguata a resistere meccanicamente agli sforzi prevedibili (F_p).

Quali criteri elettrici di base per il progetto e la installazione dell'impianto elettrico si citano:

1. la tutela passiva dei componenti e dell'impianto;
2. l'adozione di componenti adeguati a resistere elettricamente agli sforzi previsti (F_p);
3. l'adozione di una specifica configurazione nella distribuzione elettrica con elevata efficienza per il sisma : la distribuzione a spazzola (the brush-distribution).

A) Criteri meccanici.

Tutti i componenti dovranno essere dimensionati ed installati in maniera adeguata a rendere affidabile e sicuro l'impianto elettrico dopo o durante il sisma.

La scelta dei componenti elettrici per edifici strategici è generalmente determinata da molti fattori, come: affidabilità, protezione e possibilità di coordinamento, capacità di essere velocemente riparato dopo un guasto, sovraccaricabilità, costi di installazione e di manutenzione, reperibilità. In particolare specifico fattore sismico è quello di minimizzare il peso (W_p di ogni singolo componente).

Tra i componenti si citano: trasformatori, quadri elettrici, gruppi elettrogeni, gruppi statici, motori, motori per ascensori, montacarichi.

A questo scopo, per esempio, è necessario suddividere la potenza totale necessaria di trasformazione e di generazione elettrica locale in due o più unità componenti (Fig. 1).

Per i trasformatori, la serie commerciale prevede una ragione tra le potenze delle taglie disponibili pari a $S=10^{1/10}=1.259$ a cui corrisponde una variazione p in peso pari approssimativamente a $p=S^{3/4}=1.189$. All'inconveniente di aumento del peso globale che si consegue suddividendo la potenza di trasformazione in

più unita' si ovvia con la riduzione dell'esposizione al rischio sismico come indicato nella specifica seguente.

Particolare attenzione nel progetto preliminare va posta nella scelta della ubicazione dei componenti al fine di minimizzarne l'esposizione al rischio sismico.

Si può aumentare la stabilità delle utenze elettriche localizzate e centralizzate (riduzione del coefficiente C_p) quali, trasformatori, gruppi elettrogeni, motori, pompe, utilizzatori per servizi vari ecc., preferenziando la loro dislocazione ai piani inferiori dell'edificio strategico.

In ogni caso è necessario assicurare il servizio elettrico dei componenti dopo il sisma.

Per i componenti con massa non trascurabile, è necessaria la previsione di supporti e ancoraggi (bulloni, staffe o sistemi ammortizzanti o montati su isolatori di vibrazioni), capaci di contrastare e sopportare lo sforzo di taglio ed il momento di flessione prodotto dalla forza F_p , applicata al centro della massa, migliorandone la risposta strutturale. Tra i componenti oltre a quelli già indicati, si citano: rastrelliere delle batterie di continuità, gruppo inverter - raddrizzatore, apparecchiature di controllo e di monitoraggio elettrico, motori per ascensori, contenitori di apparecchiature luminose, controsoffitti pensili, passerelle portacavi.

Inoltre, è possibile adottare all'interno del componente meccanico od elettrico, rinforzi mediante controventi ed all'esterno giunti che consentano ai componenti di non avere interferenze con altri adiacenti.

Particolare attenzione va prestata alla installazione dei circuiti della distribuzione elettrica. La posa dei cavi di distribuzione deve essere prevista su muri o strutture portanti (come: in cavidotti costruiti appoggiati a pilastri, per i casi verticali; sottopavimento, per i casi orizzontali su pavimento) e non su tramezzi di tamponatura o divisori (Fig.2). Inoltre, le passerelle portacavi devono avere un modulo di resistenza alla sezione che sopporti il carico sismico laterale della forza F_p uniformemente distribuita.

A tal fine si osserva che non è possibile effettuare una accurata progettazione degli impianti senza una buona conoscenza della struttura dell'edificio, della sua tecnica costruttiva. Sarebbe buona norma che le planimetrie ed i prospetti dell'edificio differenziassero i muri, i solai e le parti tipicamente strutturali dagli elementi non strutturali.

Occorre inoltre aumentare la flessibilità di elementi di giunzione, che rivestono le condutture elettriche e le tubazioni in corrispondenza degli attraversamenti dei giunti strutturali riducendo la luce libera tra i vincoli dei supporti.

I conduttori elettrici in rame (Cu) devono sopportare lo sforzo assiale dovuto alla flessione provocata dalla azione della forza F_p uniformemente distribuita. Occorre porre attenzione alla tesatura, soprattutto alle curve, lasciando un margine di recupero, ed al posizionamento dei montanti elettrici evitando strutture non portanti.

B) Criteri elettrici.

Possono anche essere individuati criteri elettrici per garantire la funzionalità, la sicurezza e la continuità di alimentazione dei componenti elettrici.

È stato già accennato al criterio di tutela passiva dei componenti e dell'impianto.

Quale estensione a tale tipo di tutela, si può ottimizzare il funzionamento di ascensori e montacarichi, provvedendo ad una loro velocità ridotta nelle fasi successive alla prima del sisma. Il motore potrebbe subire una diminuzione della corrente di eccitazione rotorica, oppure un cambiamento del numero dei poli procedendo a velocità minore: tale meccanismo potrebbe essere attivato da un relè di minima tensione, sensibile al black out della rete, o da un opportuno sismometro;

In mancanza della tutela passiva, i componenti devono essere qualificati come resistenti elettricamente al sisma.

La progettazione ottimale di un impianto elettrico in un edificio strategico va coordinata con la progettazione strutturale. La configurazione dello schema distributivo deve permeare la struttura stessa assecondandola nella sua reazione al sisma. In altri termini lo schema distributivo deve presentare caratteristiche di elevata efficienza generale ed in particolare in condizione di evento sismico, sulla base dei criteri e delle considerazioni di seguito riportate.

Criteri di progettazione di tipo generale, finalizzati cioè alla garanzia della continuità dell'alimentazione, trovano una particolare utilizzazione in queste applicazioni. Il progetto deve garantire prestazioni funzionali quali: elevato grado di affidabilità del sistema; elevato grado di insensibilità ai guasti tra i vari gruppi di carichi e le differenti aree dell'impianto; la massima continuità dell'alimentazione elettrica al carico in particolare dopo l'evento sismico. Questi obiettivi si perseguono nella selezione e nella posa dei componenti, progettando opportunamente la distribuzione, curando il coordinamento selettivo dei dispositivi di protezione.

Per conseguire una elevata affidabilità, i componenti per la sezione preferenziale dell'impianto devono avere una posa indipendente, fisicamente separata, dalla sezione normale o comunque dalla seconda sezione preferenziale.

Allo stesso modo, è da privilegiare una installazione per quanto possibile separata per le unità di trasformazione e per i gruppi elettrogeni ed ancora per quanto possibile la più vicina ai carichi da alimentare.

Allorquando un guasto si verifica nella sezione preferenziale dell'impianto, la corrente di cortocircuito alimentata dalla sorgente di emergenza è di valore relativamente basso e con decadimento rapido. Questo elemento va tenuto in considerazione allorquando si configura e struttura la sezione preferenziale dell'impianto di distribuzione e si scelgono e si coordinano i dispositivi di protezione.

La soluzione ottimale è quella di configurare la distribuzione della sezione preferenziale in modo che il livello di corto circuito su ciascun quadro elettrico sia "naturalmente" dello stesso ordine di grandezza sia che l'alimentazione provenga da rete che dalla alimentazione preferenziale. [8].

Questa soluzione nello stesso tempo consente di adottare circuiti per portate relativamente modeste (in relazione di una bassa energia specifica passante). In questi casi, adottando interruttori automatici rapidi o limitatori, in particolare per i circuiti terminali, è possibile garantire naturalmente la protezione del corto circuito minimo. Infatti, questa protezione è idonea a limitare le conseguenze associate con un corto circuito, sia che si manifesti con un arco e quindi con un sovrariscaldamento locale, sia nel caso opposto di evoluzione del corto circuito, in cui il corto stesso si autoestingue lasciando il guasto non rilevato e quindi in tensione. Ovviamente, per un impianto soggetto a rischio sismico è in maniera particolare necessario provvedere alla protezione del corto circuito lontano in maniera efficace, prevenendo ed interrompendo la sua naturale duplice evoluzione [9][10]. Nel caso di impianto a rischio sismico è infatti importante non solo per i circuiti terminali con posa in vista o per le prolunghie di alimentazione, ma tutti i circuiti con posa incassata, in considerazione degli eventuali danni alla loro posa stessa.

In conclusione, i criteri base di minimizzare i pesi e l'esposizione al sisma dei componenti, nonché di adottare la soluzione sopramenzionata di configurazione "naturale" per la distribuzione preferenziale convergono nello schema distributivo di trasformazione-alimentazione di emergenza-circuiti frazionato per aree di carico.

Per contenere il rischio per gli operatori della manutenzione, nonché migliorare l'affidabilità dell'alimentazione, è opportuno prevedere una distribuzione in doppio della distribuzione primaria e secondaria e suddividere in due sezioni i quadri. Per non dimensionare al doppio i circuiti, si può prevedere la rialimentazione tramite un collegamento di interconnessione tra i quadri di settore di utenza.

In particolare, rimane definita una speciale distribuzione "a spazzola" (brush-distribution), che colloca per quanto possibile ai piani interrato e terra i componenti più pesanti dell'impianto (trasformatori, gruppi elettrogeni, motori, quadri elettrici). I carichi elettrici dell'edificio ai vari piani devono essere suddivisi per l'alimentazione non in aree con sviluppo principale orizzontale su ciascun piano, ma in settori verticali di tutto l'edificio, a "torri". Perciò, nel piano terra sono ubicati trasformatori, gruppi elettrogeni quadro generale e distribuzione principale alle varie aree torri tramite quadri di smistamento (Fig.1). Da questi quadri di smistamento per ciascun settore a torre si dipartono i montanti verticali che vanno ad alimentare i quadri locali ai vari piani (Fig.2). Anzi, per consentire la rialimentazione tramite interconnessioni a livello di piano, ciascun settore può essere a sua volta suddiviso in due subsettori a sviluppo verticale.

In altri termini, se la distribuzione radiale vede uno schema ad albero, la distribuzione a spazzola vede lo schema ad albero coricato con rami distribuiti lungo il tronco.

5. Conclusioni

La configurazione dell'impianto elettrico ed in particolare di tutta la distribuzione è la più importante fase del progetto stesso per un edificio a rischio sismico.

Un passo fondamentale per il progettista impiantista è un approfondito consulto e confronto con l'architetto e lo strutturista sul progetto preliminare dal punto di vista delle esigenze elettriche.

Alcune importanti esigenze per gli impianti sono:

- adeguate dimensioni per i locali tecnologici;
- maggiore concentrazione di spazi per gli impianti nei piani terreno ed interrato;
- analisi dei possibili passaggi lungo elementi strutturali resistenti per la posa della distribuzione verticale ai piani.

BIBLIOGRAFIA

- [1] "Recommended Lateral Force Requirements and Commentary" Seismology Committee of the Structural Engineers Association of California 1990
- [2] "Uniform building code", International Conference of Building Officials, 1988,Whittier,CA. 1988
- [3] "National Earthquake Hazard Reduction Program - Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings." , Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency ,1985
- [4] "Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage" Bay Area Regional Earthquake Preparedness Project , Oakland 1985 Usa
- [5] IEEE Std 344-1975, IEEE Recommended Practices for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations.
- [6] ANSI/IEEE STD 602-1986 , IEEE Recommended Practice for Electric Systems in Health Care Facilities
- [7] "The Seismic Design Handbook", Farzad Naeim, Van Nostrand Reinhold, NY,NY
- [8] U. Grasselli, G. Parise, "Short-Circuit Currents Evaluation On Emergency Power Systems"; V Int. Symposium on Short-Circuit Currents in a Power System. September 8-9 1992, Warsaw, Poland.
- [9] G. Parise, U. Grasselli, V. DiLuozzo, "Arcing Fault In Sub-Distribution Branch-Circuits", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol 8, no 2, April 1993, pp 580-583.
- [10] U.Grasselli, G. Parise, "Design criteria for selectivity and reliability of building power systems ", IEEE/IAS I&CPS Technical Conference 1994, Irvine- California 1-5 may.
- [11] 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 Technical Conference San Antonio Texas may 8-11 IEEE Transactions on Industry Applications di Settembre – Ottobre 1997 pag.1342-1347

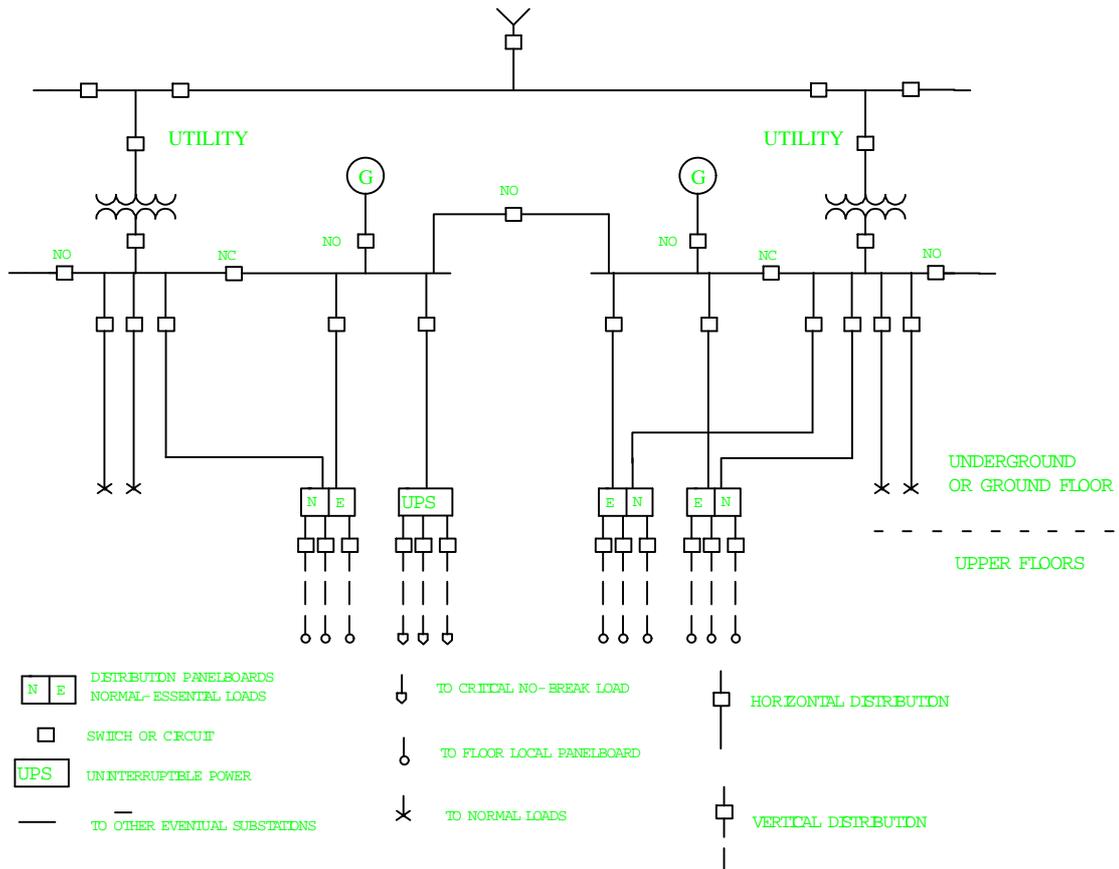


Fig. 1 Schema della distribuzione elettrica in un edificio strategico a rischio sismico

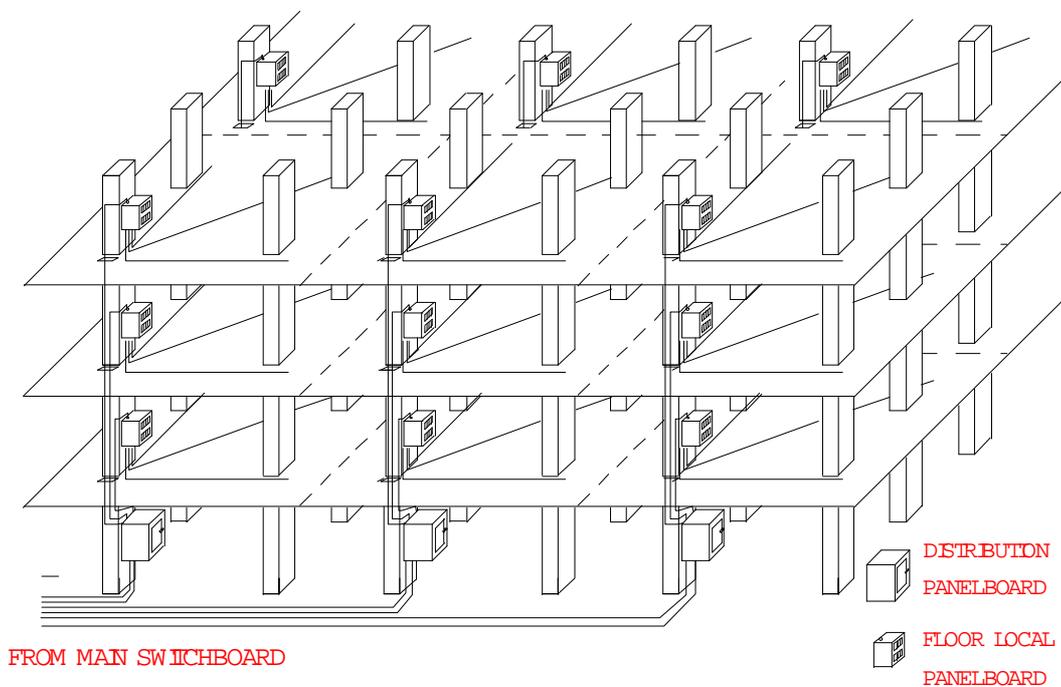


Fig. 2 -Circuiti a spazzola per settori di utenze a torre .
 Note sulla installazione: - circuiti orizzontali a pavimento;
 - montanti verticali in cavidotti affiancati ai pilastri.