

# *Soluzioni progettuali e impiantistiche per l'ottimizzazione delle alimentazioni dei carichi critici e riduzione dei rischi connessi alla sicurezza di persone o cose: i vantaggi dei gruppi rotanti di continuità*

Dott. Ing. Anna Bruno  
Amministratore delegato ATME SpA  
Peschiera Borromeo (MI), Italy

**Abstract**—L'efficacia e la continuità di servizio delle infrastrutture sottese ai carichi critici sono una necessità, l'efficienza e il risparmio energetico un dovere etico. Non è semplice coniugare le due esigenze in contesti molto complessi e soggetti a rapide evoluzioni. L'utilizzo dei gruppi rotanti di continuità rappresenta certamente un punto di equilibrio ottimale.

## I. INTRODUZIONE

La qualità dell'alimentazione elettrica, che influisce sensibilmente sulle caratteristiche e sul costo dei prodotti, sulla sicurezza delle persone, dei dati e dei beni, si basa sulla continuità dell'alimentazione e sulla forma d'onda della tensione. Nel caso delle reti pubbliche di distribuzione questi parametri sono regolati dalla Norma CEI EN 50160, che introduce anche il concetto di livello di compatibilità riferito alla rete stessa, inteso come il livello massimo ammissibile dei disturbi.

I parametri presi in considerazione sono sostanzialmente riconducibili ai disturbi elettrici condotti, che arrivano alle apparecchiature attraverso le linee di alimentazione e i collegamenti di controllo/segnalazione (< 30 MHz). Sono suddivisibili (IEEE 1100-1999) in base alla forma d'onda nelle seguenti categorie: transitori, interruzioni, buchi di tensione, riduzione della tensione, sovratensioni, distorsione della forma d'onda, fluttuazioni di tensione, variazioni di frequenza.

A questi disturbi va aggiunta la *dissimmetria*, che non è un tipo di distorsione della forma d'onda, ma comunque è uno dei parametri da considerare per valutare la qualità della alimentazione elettrica.

I fattori che influiscono sulla qualità dell'energia elettrica sono dipendenti dal *distributore*, dall'*utilizzatore* (presenza di apparecchiature disturbanti) o *indipendenti* (fattori ambientali, eventi atmosferici, danni prodotti da terzi, ecc.).

## II. PRINCIPALI PROBLEMI RILEVATI DAGLI UTILIZZATORI

I disturbi con maggiore impatto sulle utenze moderne sono riassumibili in due famiglie: i *disturbi di tensione*, statisticamente i problemi più frequenti, e i *disturbi armonici*, fenomeno in rapida crescita, anche se talvolta sottovalutato, specialmente nelle aree ad elevata urbanizzazione.

### A. Disturbi di tensione

I *buchi di tensione*, definiti come una riduzione della tensione tra -10% e -99% del valore nominale per un tempo normalmente inferiore a 3 s, sono un disturbo "bidimensionale", definito sia dalla durata che dalla profondità. Per tutta la durata del disturbo non viene fornita al carico tutta l'energia richiesta, con conseguenze che variano notevolmente in funzione del tipo di utenza. Risultano particolarmente sensibili gli azionamenti dei motori e i sistemi informatici (perdita dei dati o talvolta sospensione dei processi in corso).

I buchi di tensione sono eventi imprevedibili e aleatori con frequenza annuale variabile in funzione del tipo di alimentazione e dal punto di consegna [1]. La Norma CEI 50160 segnala, sulla base di una analisi triennale effettuata da UNIPEDE, che la maggior parte dei buchi di tensione ha una durata inferiore a 1 secondo e una profondità massima inferiore al 60%.

TABLE I. INDAGINE UNIPEDE SULLE CARATTERISTICHE DEI BUCHI DI TENSIONE: FREQUENZA ANNUA CON PROBABILITÀ DEL 95% DI NON ESSERE SUPERATA

Ampiezza (% della UN)		Durata					
		(ms)	(ms)	(s)	(s)	(s)	(s)
da	a meno di	10<100	100<500	0,5 < 1	1 < 3	3 < 20	20 < 60
10	30 <sup>a</sup>	111	68	12	6	1	0
30	60	13	38	5	1	0	0
60	99	12	20	4	2	1	0
99	100	1	12	16	3	3	4

<sup>a</sup> UNIPEDE DISDIP ha deciso, per future indagini, di dividere questa classe in due classi: 10-15 e 15-30%

La *dissimmetria* è una condizione di squilibrio di tensione che può creare, specialmente nelle macchine rotanti, dei guasti, in quanto la circolazione di correnti di sequenza inversa negli avvolgimenti crea un campo magnetico rotante di senso contrario a quello normale.

Le *interruzioni* sono caratterizzate da una completa mancanza della tensione di alimentazione. Possono essere convenzionalmente suddivise in base alla loro durata in: microinterruzioni con una durata  $\leq 2$  s, interruzioni brevi con una durata  $\leq 10$  s, interruzioni lunghe con una durata  $> 10$  s.

Nel grafico della “Fig. 1” è sintetizzata, in via esemplificativa, la frequenza del fenomeno dei buchi di tensione e delle interruzioni da cui si rileva che la grande maggioranza dei disturbi si concentra nell’area tra i 10 e i 100ms, mentre oltre i 1000ms i dati statistici indicano che si va verso interruzioni lunghe, che comunque sono decisamente meno frequenti.

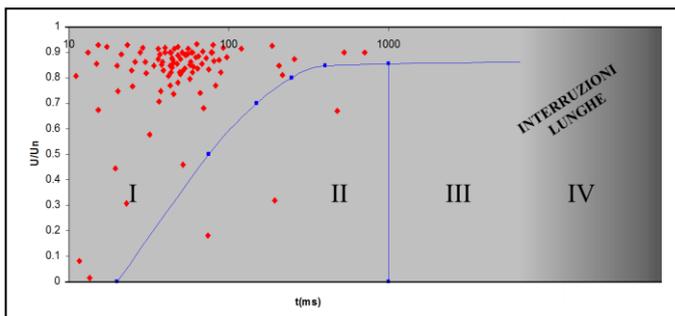


Fig. 1 Distribuzione dei disturbi di tensione in funzione di intensità e durata

### B. Disturbi armonici

Le *distorsioni armoniche*, dovute al sovrapporsi all’onda fondamentale di onde a frequenza multipla, hanno frequenze multiple intere della fondamentale di rete. Sono normalmente caratterizzate dal valore di distorsione totale (THD) anziché dallo spettro completo. Sono provocate dall’utilizzo sempre più frequente di carichi elettrici non lineari e causano il surriscaldamento dei trasformatori, dei conduttori del neutro e dei dispositivi di distribuzione elettrica, lo scatto degli interruttori e la perdita di sincronizzazione dei circuiti temporizzati, che dipendono per l’avviamento da una onda sinusoidale pulita nel punto di attraversamento dello zero.

### III. MIGLIORARE LA QUALITÀ DELL’ALIMENTAZIONE

Il sistema prescelto per ovviare ai problemi dell’alimentazione deve essere in grado di svolgere molteplici funzioni e può essere costituito da un unico apparato o da un insieme di apparecchiature.

Alla luce delle analisi sintetizzate in “Fig. 1” risulta evidente che la funzione principale è quella del “*power conditioning*” ovvero la compensazione dei disturbi concentrati nell’area tra i 10 e i 100ms ed è pertanto in questa fascia di applicazione che devono essere ottimizzate le caratteristiche dell’apparato (sia in termini prestazionali che economici).

I disturbi di cui sopra sono strettamente dipendenti dalla rete di distribuzione e sono pertanto variabili in funzione della posizione geografica di installazione (distanza dal distributore, qualità delle infrastrutture, ecc.). Non bisogna però dimenticare che anche il carico stesso è sorgente di disturbi e pertanto si dovrà valutare, in funzione della tipologia di carico e del diverso impatto che i disturbi possono avere sul ciclo produttivo, quali altre funzioni si rendano necessarie. In particolare ricordiamo:

- **Filtraggio delle armoniche:** si dovrà valutare in termini di perdita di efficienza e prescrizioni normative.
- **Rifasamento:** si dovrà valutare in base a criteri economici in funzione dello sfasamento indotto dal carico e delle penali applicate dal distributore.
- Possibilità di fornire **alimentazione per un tempo prolungato:** si dovrà valutare in termini di effettiva necessità o prescrizioni cogenti, in quanto non è sempre necessario o economicamente vantaggioso dotarsi di una sorgente di alimentazione alternativo per periodi prolungati.

### IV. POSSIBILI SOLUZIONI

I sistemi che possono svolgere questi compiti sono:

#### A. UPS statici

Sono i sistemi più noti e più diffusi in quanto disponibili anche per piccole e piccolissime potenze e sono costituiti da tre parti principali:

- un convertitore alternata/continua (convertitore AC) che, grazie a un raddrizzatore e a un filtro, converte la tensione alternata della rete elettrica in tensione continua;
- una batteria, o più batterie, in cui viene immagazzinata l’energia fornita dal primo convertitore;
- un secondo convertitore continua/alternata (convertitore CA o inverter) che, prelevando energia dal raddrizzatore o dalle batterie in caso di mancanza di rete elettrica, alimenta il carico collegato.

Sono caratterizzati da una riserva di energia limitata (normalmente entro 10-15 minuti), essendo basata su batterie di accumulatori il cui dimensionamento è soggetto a limitazioni di costi, ingombri e problemi di sicurezza. Per compensare le interruzioni superiori all’autonomia propria è necessario integrarli con i gruppi elettrogeni.

Gli UPS statici per loro natura hanno come scopo principale quello di proteggere il carico dalle interruzioni e dai buchi di tensione, ma non attenuano le armoniche e non sono in grado di rifasare il carico per cui debbono essere utilizzate delle apparecchiature specifiche (filtri per l’attenuazione delle armoniche e rifasatori). Da segnalare inoltre che nel caso di sovraccarichi o di cortocircuiti, la necessità di limitare la corrente erogabile dall’inverter può comportare seri problemi di selettività del sistema di protezione a valle.

L'UPS statico necessita inoltre anche l'installazione di varie apparecchiature accessorie, quali per esempio il condizionamento e le lampade antideflagranti, principalmente dovuti alla presenza delle batterie, componente indubbiamente non green. Chiaramente l'aggiunta di apparecchiature addizionali complica l'impianto riducendone l'MTBF e il rendimento complessivo.

### B. Apparecchiature elettroniche di potenza per la compensazione dei disturbi

Esiste una vasta gamma di dispositivi denominati generalmente *Custom Power*, con prestazioni molto variabili in base alla configurazione di potenza e alla logica di controllo.

Gli **UGS** (Ultracapacitor Grid Stabilizer) **STATCOM** (Static Synchronous Compensator) sono apparecchiature con **riserva di energia a supercondensatori** in grado di compensare buchi di tensione e microinterruzioni, di fornire potenza reattiva e di smorzare le armoniche fino alla tredicesima.

Il dimensionamento "standard" è riferito alla compensazione di microinterruzioni fino a 1s, valore che può essere eventualmente aumentato incrementando il numero di elementi dei moduli di supercondensatori.

Composizione dei sistemi UGS STATCOM:

#### 1) Banco di supercondensatori Maxwell

Combinano la capacità di carica/scarica elettrostatica e elettrochimica e hanno una altissima densità di potenza, anche se con una relativa bassa densità di energia. Sono il sistema ideale per elevate iniezioni di potenza in tempi ultraveloci e hanno, fra l'altro, una lunga vita attesa (sono in grado di tollerare fino a 1.000.000 cicli di carica/scarica). Sono normalmente accessoriati con sistemi **VMS (Voltage Management System)** per equalizzare le tensioni sui singoli moduli.

#### 2) Convertitore DC/DC bidirezionale

Per mantenere costante la tensione in ingresso all'inverter correggendo quella di uscita dai supercondensatori che erogano potenza a tensione decrescente linearmente.

#### 3) Inverter bidirezionale

Con IGBT ultraveloci con uscita a 620 V sempre sincronizzato con la rete e in grado di operare entro pochi millisecondi per il ripristino della la tensione di rete in ampiezza, frequenza e fase uguale a quella precedente il disturbo. Ha anche il compito di alimentatore per la ricarica dei supercondensatori.

#### 4) Sistema di misura e controllo

Analizza in continuo la forma d'onda della tensione e della corrente di rete.

#### 5) Commutatore statico (AC Disconnect)

Ha il compito di inibire il ritorno in rete della potenza attiva fornita dall'inverter. Nei sistemi UGS STATCOM lavora normalmente a 400 V negli impianti in BT e a 620 V negli impianti in MT.

#### 6) Apparecchiature ausiliarie

Comprendono il sistema di raffreddamento a liquido, le apparecchiature di protezione elettrica e termica e i sistemi di telecontrollo e di diagnostica da remoto.

#### 7) Altri componenti di impianto

variano in base alla tensione dell'impianto e precisamente

- **in BT** (autotrasformatore 620/400V - interruttori in BT (Q1, Q2 e Q3)
- **in MT** (due trasformatori inseriti nella linea di alimentazione per permette il funzionamento del commutatore a 620 V - interruttori in MT (Q1, Q2 e Q3).

Se il sistema è programmato **solo per la compensazione dei buchi di tensione** non rientra nei sistemi accumulo in quanto i supercondensatori sono in grado di erogare energia solo per qualche secondo. (Norma CEI 0-16 variante 2, art 3,76 bis).

La disponibilità degli inverter può essere scelta fra i multipli dei seguenti modelli base 0,25 - 0,5 - 1 e 1,5 MW.

Sono caratterizzati da elevatissimi rendimenti e un costo di esercizio particolarmente basso

In **Fig. 2** è schematizzato l'inserimento elettrico di un UGS Statcom.

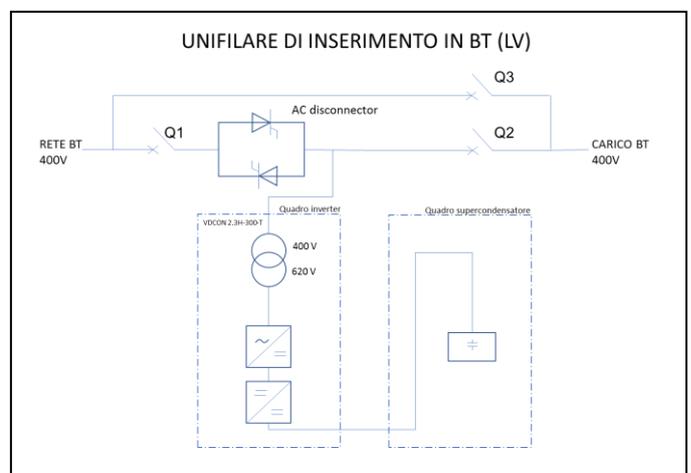


Fig. 2 inserimento elettrico di un UGS in BT

#### C. Gruppi rotanti di continuità (UPS Dinamici o D-UPS)

Assolvono con un unico apparato tutte le funzioni di "power conditioning" e sono definiti dalla ISO 8528-11 (IEC.2004.E) come una sorgente specificamente idonea per l'alimentazione di riserva e di sicurezza (CEI 64/8, sezione 710, articolo 710.562.2.1) senza bisogno di ulteriori apparecchiature.

Si suddividono in:

#### 1) DRUPS

Incorporano in asse il motore diesel per coprire anche le interruzioni di lunga durata (inserimento elettrico schematizzato in "Fig. 3");

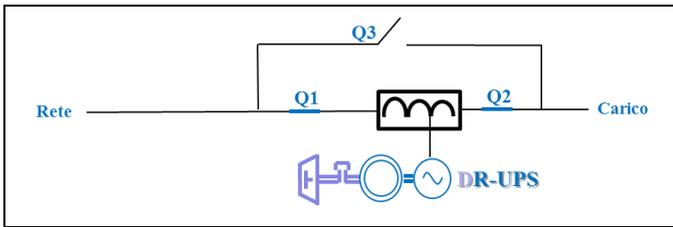


Fig. 3 inserimento elettrico di un DRUPS

## 2) RUPS:

In funzionamento stand alone compensano solo le interruzioni brevi ( $\leq 10\div 15$  s) ma, accoppiati elettricamente a un gruppo elettrogeno (GE), sono in grado di coprire anche le interruzioni di lunga durata (inserimento elettrico schematizzato in "Fig. 4") e in tal caso si definiscono "ERUPS";

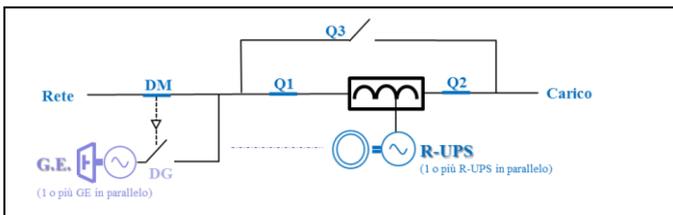


Fig. 4 inserimento elettrico di un ERUPS in BT

## V. CRITERI DI SCELTA DELLE APPARECCHIATURE PER L'ATTENUAZIONE DEI DISTURBI

Si tratta di un problema complesso, dato il numero di fattori da considerare, ma comunque sempre riconducibile alla valutazione delle funzionalità e affidabilità delle varie soluzioni e ai relativi aspetti economici. Non essendo possibile in questo articolo approfondire tutti gli aspetti delle diverse soluzioni, verranno prese in considerazione solo le apparecchiature che coprono in forma autonoma tutti i problemi legati al *power conditioning* (UPS Dinamici), limitando il confronto con gli UPS statici solo ai punti di maggior rilievo.

### A. Composizione e fasi di funzionamento di un UPS Dinamico

#### 1) Componenti principali

- **alternatore** (fornisce l'energia reattiva al carico durante il funzionamento con rete e lo alimenta durante il funzionamento in emergenza);
- **unità cinetica** (dispositivo in grado di convertire energia elettrica in energia cinetica, di accumularla e cederla in modo da essere riconvertita in energia elettrica, durante la fase del transitorio di caduta rete utilizzando il principio della frenatura mediante correnti parassite);
- **reattore su ferro** (permette di disaccoppiare il carico dalla rete e, in combinazione con la reattanza subtransitoria dell'alternatore, forma un filtro a T);
- **quadri elettrici** asserviti al sistema (comprensivi degli interruttori di potenza e di manovra e

dell'alimentatore a frequenza variabile dell'unità cinetica per permettere l'ottimizzazione del rendimento del gruppo in funzione del carico);

- **motore diesel** in asse (DRUPS) o un GE accoppiato elettricamente (E-RUPS).

#### 2) Fasi di funzionamento:

##### a) alimentazione da rete:

condizione principale di funzionamento in cui si presentano tutti i problemi evidenziati nei paragrafi precedenti. Gli UPS dinamici svolgono la funzione di power conditioning;

##### b) transitorio di caduta rete:

quando i parametri di rete vanno fuori tolleranza, il sistema si attiva per sostenere in piena autonomia il carico critico, che viene alimentato dall'alternatore utilizzando l'energia immagazzinata durante il funzionamento normale nell'unità cinetica (*make before brake*).

##### c) funzionamento in emergenza:

viene utilizzato il motore diesel in asse o il GE connesso elettricamente;

##### d) rientro rete:

il gruppo, dopo verifica dei parametri di rete, si sincronizza automaticamente con la rete e chiude l'interruttore Q1.

##### e) funzionamento in bypass:

in caso di messa fuori servizio del gruppo (es per manutenzione o malfunzionamento) il sistema chiude automaticamente l'interruttore di bypass senza creare buchi nell'alimentazione (*"make before brake"*).

### B. Valutazione funzionale

Durante il funzionamento da rete gli UPS dinamici rifasano il carico e forniscono una *tensione stabilizzata ( $\pm 1\%$ ) e perfettamente sinusoidale* (grazie all'attenuazione bidirezionale delle armoniche e all'eliminazione dei buchi di tensione e delle microinterruzioni).

La capacità di assolvere queste funzioni con un numero limitato di componenti si traduce in una maggiore affidabilità e una maggiore efficienza consentendo pertanto di raggiungere elevati rendimenti, anche con bassi carichi.

Un'altra caratteristica fondamentale degli UPS dinamici, particolarmente importante nel caso di tutti quei carichi sensibili (ospedali, aeroporti, data center, ecc.) dove l'affidabilità è un fattore di importanza primaria, è la **robustezza elettrica**, intesa come resilienza del sistema, in caso di corto circuito.

In caso di guasto a valle l'entità delle correnti di guasto ( $\geq 15\div 18 I_n$ ) e il loro andamento in funzionamento normale o in funzionamento di emergenza è tale da consentire di utilizzare un unico criterio di selettività delle protezioni a valle del sistema; in presenza di guasto a monte la componente delle correnti di guasto è limitata ( $\leq 2 I_n$ ) e il transitorio della tensione di alimentazione del carico rientra nei limiti di tolleranza definiti dagli standard (es. ITI CBEMA).

Le caratteristiche sopradescritte, che sono certamente le principali, garantiscono un vantaggio evidente in tutti i campi di applicazione. In ogni caso gli UPS dinamici presentano altri vantaggi specifici che in funzione delle esigenze specifiche possono rappresentare una soluzione particolarmente efficace e tecnicamente elegante.

Si segnala inoltre la **massima flessibilità** in termini di unifilare elettrico, grazie alla possibilità di impiego sia in BT che in MT e alla grande varietà di configurazioni (parallelo, anello, ridondanza isolata o distribuita ecc.) in modo da ottimizzare potenze installate, costi e spazi in base alle specifiche esigenze del cliente e ai livelli di ridondanza richiesti. In particolare hanno anche la possibilità di avere una doppia uscita (“dual output”) che viene utilizzata quando, per particolari esigenze (generalmente di spazio), si rende necessario concentrare sulla stessa macchina la protezione sia del carico critico che di quello non critico.

La struttura meccanica ad asse orizzontale del modulo di potenza (caratteristica specifica solo di alcuni costruttori) favorisce una **elevata resistenza alle sollecitazioni sismiche**, che, dove necessario, può essere ulteriormente aumentata tramite l'utilizzo di supporti antivibranti speciali e/o di particolari soluzioni impiantistiche.

Un fattore particolarmente importante, anche se molto spesso trascurato in fase di studio di fattibilità, è quello dello **spazio occupato** e dell'**eliminazione del rischio incendio e gestione rifiuti tossici**. Un confronto preciso è possibile solo su uno specifico esempio, ma si può comunque affermare che, in generale gli UPS Dinamici occupano circa il 40-60% di spazio in meno rispetto a soluzioni con UPS statici garantendo inoltre minori rischi e un minore impatto ambientale.

Da tener presente che gli UPS Dinamici richiedono locali di installazione non climatizzati e funzionano regolarmente fino a 40°C senza detaratura e possono essere facilmente **installati in container** silenziati o super silenziati da posizionare direttamente all'aperto, con evidenti risparmi di spazio pregiato all'interno degli edifici.

### C. Valutazione economica

Un confronto economico può ovviamente essere fatto solo su casi precisi e soprattutto su fornitori specifici in quanto, sia i costi di investimento che quelli di esercizio, variano in maniera significativa in funzione dei costruttori. Tuttavia è possibile identificare dei parametri e delle linee guida generali che consentano di orientarsi tra le possibili soluzioni e soprattutto di non trascurare costi che possono diventare particolarmente importanti soprattutto nel lungo periodo.

Esaminiamo ora il TCO (il costo totale di proprietà), che è la somma dell'investimento iniziale e dei costi di esercizio attualizzati.

#### 1) Costi dell'investimento iniziale:

E' fondamentale includere per tutti i componenti d'impianto i costi di acquisto, di installazione e della predisposizione dei locali/aree dove installare l'impianto, senza trascurare tutti gli accessori necessari al corretto funzionamento del sistema. Nel caso di un UPS Dinamico non sono necessari ulteriori dispositivi, mentre con gli UPS statici bisognerà tener

conto del condizionamento dei locali (variabile in funzione della zona di installazione), delle lampade antideflagranti, del sistema di spegnimento incendi nonché dei sistemi di rifasamento e filtraggio armoniche.

Anche il valore dello spazio occupato dai sistemi e da tutti gli eventuali accessori contribuisce in maniera più o meno significativa al calcolo del costo di investimento.

#### 2) Costi di esercizio (attualizzati)

Possono essere sostanzialmente suddivisi in:

##### a) costi di manutenzione:

costituiti dalla somma dei costi diretti di manutenzione (ordinaria e straordinaria) di tutte le apparecchiature e relativi accessori, ma anche (nel caso di UPS statici) dai costi indiretti della gestione e del coordinamento di più fornitori.

Per gli UPS statici bisogna anche aggiungere i costi di sostituzione e di smaltimento delle batterie di accumulatori ( in media ogni 3-4 anni) ed eventualmente dell'UPS stesso (ricordiamo che la vita attesa media di un UPS statico, tenuto anche conto dell'obsolescenza tecnologica, è di circa 10-15 anni), mentre per l'UPS Dinamico la vita attesa è superiore ai 25 anni durante la quale bisogna prevedere, in media ogni 8 anni, la revisione delle macchine elettriche/cuscinetti (trattandosi di revisioni non sussiste il problema dello smaltimento).

È ragionevole inoltre prevedere, dato l'elevato impatto ambientale delle batterie di accumulatori, che il costo del loro smaltimento possa andare via via aumentando a seguito dell'introduzione di normative a tutela dell'ambiente sempre più restrittive. Da non trascurare l'impatto ambientale, che dovrebbe essere in primis un dovere etico.

##### b) consumi energetici:

Risulta molto semplice il calcolo del rendimento di un sistema con UPS Dinamico, in quanto costituito da un unico componente con valore di rendimento dichiarato dal costruttore (ma anche altrettanto facile da misurare in condizioni effettive di esercizio) e non influenzato da fattori esterni (quali per esempio la temperatura di esercizio). Inoltre gli UPS dinamici di nuova generazione sono equipaggiati con dispositivi in grado di adeguare il funzionamento del sistema al carico effettivo, migliorando ulteriormente un rendimento già di per sé ottimale. In generale il rendimento di un UPS Dinamico varia tra il 94% (con un carico pari a 40% del carico nominale) e il 97% a pieno carico. Va evidenziato che si tratta di rendimenti in modalità on-line, cioè mentre il sistema sta svolgendo la sua funzione principale di “*power conditioning*” (che come detto precedentemente rappresenta la condizione di funzionamento “standard” e continuativa).

Per quanto riguarda i sistemi con UPS statico un calcolo generalizzato risulta impossibile in quanto le perdite complessive sono date dalla sommatoria delle perdite di tutte le componenti del sistema e dei relativi accessori, che sono molto diverse a seconda dei costruttori prescelti e inoltre possono risentire delle condizioni ambientali di funzionamento (ad esempio il condizionamento ne è fortemente influenzato). Da segnalare che i rendimenti dichiarati dai costruttori di UPS statici con modalità di funzionamento off-line (fino al 99%)

possono risultare fuorvianti in quanto di fatto per svolgere il suo compito di “*power conditioning*” il sistema deve essere on-line (e quindi con un rendimento considerevolmente minore e strettamente legato al carico effettivo). In realtà il funzionamento off-line è una condizione di funzionamento particolare applicabile solo nei rari casi in cui la rete sia particolarmente affidabile o quando le caratteristiche del carico tollerino una finestra di funzionamento talmente ampia da consentire l’off-line del sistema.

Comunque risulta evidente che l’efficienza di sistema con un UPS Dinamico è in generale maggiore di quella con uno statico stante il minor numero di componenti e l’indipendenza dai fattori ambientali

#### c) *costi d’interruzione dell’alimentazione*

I costi correlati alle interruzioni impreviste, anche se estremamente variabili in funzione del settore di attività e alla durata dell’inconveniente, sono riconducibili sia ai **costi diretti**, quali perdita di produzione durante il guasto e il tempo di riavvio, che può essere anche molto lungo, la perdita del materiale di produzione, l’aumento degli sfridi, ecc. che ai **costi indiretti** dovuti ai ritardi di produzione, che possono coinvolgere penali per ritardata consegna o per la perdita di dati, come nel caso dei data center.

#### D. *Risk analysis*

Un corretto approccio metodologico per valutare i progetti con un elevato livello di rischio per la vita umana o per i processi è quello di effettuare una Risk Analysis, in senso Forward e/o Backward. in cui viene valutato il rischio misurato come il prodotto matematico della probabilità di pericolo per la probabilità d’imprevisto per il danno.

Questa tecnica permette di individuare le aree critiche dei vari sistemi sotto esame e fornisce risultati utili ogni qual volta la si esegua, ma è particolarmente utile effettuarla in fase di progetto per studiare interventi molto più efficaci in termini del rapporto costi/ benefici, in quanto permette non solo di scegliere componenti più affidabili ma anche di ridondare il sistema in modo da ridurre la dipendenza dal componente critico meno affidabile (principio dell’anello debole).

Il maggiore fattore di rischio è indubbiamente rappresentato dalle batterie di accumulo degli UPS statici. Generalmente le batterie utilizzate per i moderni gruppi statici di continuità sono del tipo chiuso/ermetico altrimenti dette VRLA (Valve-Regulated Lead-Acid). Nel funzionamento ordinario le batterie ermetiche non emettono gas in quantità significativa, ma

possono però emetterne durante la fase di ricarica o in caso di sovratemperatura interna causata, ad esempio, da un cortocircuito non prontamente interrotto dai dispositivi di protezione, con conseguente attivazione delle valvole di sfogo per la sovrappressione interna. I gas emessi contengono essenzialmente idrogeno che forma con l’aria una miscela altamente esplosiva, se in concentrazione superiore al 4%.

Per il calcolo della corretta ventilazione per garantire la concentrazione di idrogeno al di sotto del 4% si fa riferimento alle norme EN 50272-2 ed EN 50273.

#### E. *Analisi multicriterio*

In aggiunta a quanto già menzionato per un confronto completo e corretto fra le varie soluzioni è indispensabile utilizzare anche una analisi multicriterio, che permetta di prendere in considerazione fattori specifici che non possono essere inclusi nelle analisi precedenti. In primis il livello di affidabilità e di resilienza del sistema ed eventuali prescrizioni legislative (es restrizioni per costruzioni in zona sismica) e alla alimentazione dei carichi di sicurezza, ricordando che «*E’ compito del progettista valutare se apparecchiature non destinate essenzialmente a scopi di sicurezza, ma utili in caso di emergenza debbano essere considerate come appartenenti servizi di sicurezza*» (CEI 64-8/3).

Nella scelta finale è opportuno che si tenga in debito conto anche di altri parametri, molto spesso trascurati, quali: affidabilità del fornitore e della rete di assistenza postvendita, la reperibilità dei ricambi nel tempo, l’ecosostenibilità dell’impianto, ecc

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Federica Foidelli, Michela Longo and Mariacristina Roscia, “A Power Quality Study on the Italian Electric Grid: Statistical Analysis of the Voltage Dips and Compensation Strategies”, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 7(11), 2014
- [2] Pirjo Heine, *Member, IEEE*, Pasi Pohjanheimo, Matti Lehtonen, and Erkki Lakervi, *Senior Member*, “A Method for Estimating the Frequency and Cost of Voltage Sags”
- [3] Qualità dell’alimentazione elettrica negli impianti industriali, ENEL, febbraio 2006
- [4] Norma CEI EN 50160 - Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell’energia elettrica.
- [5] Giorgio Corbellini, Umberto Corbellini, “Sicurezza nei luoghi di vita e di lavoro”, Convegno AEIT Roma, 2012