



PILLER

Power Systems



Stabilizzazione delle micro reti e dei sistemi di cogenerazione

Nothing protects quite like Piller

piller.com

Sommario

1	Introduzione	3
2	Requisiti di base di una rete isolata stabile	3
3	Requisiti per sistemi di stabilizzazione in reti in isola	5
4	Realizzazione	6
5	Casi di studio	10
5.1	Alimentazione di una fabbrica di semiconduttori da 35MW	10
5.2	Alimentazione in rete isolata di una fabbrica di cartongesso a Dubai	11
6	Conclusioni	12

1 Introduzione

Sempre più impianti industriali e data center stanno considerando la possibilità di autoprodurre in loco l'energia necessaria per soddisfare le proprie esigenze anziché prelevarla dalla rete principale (che nella maggioranza dei casi è la rete nazionale).

Nel caso in cui si voglia mantenere la produzione di energia in loco operativa anche durante le interruzioni di rete, si devono prendere delle opportune misure per scollegarsi dalla rete elettrica principale e mantenere un'alimentazione affidabile stabilizzando il funzionamento della rete locale (o micro rete) in isola.

Gli stabilizzatori rotanti, che utilizzano un robusto generatore sincrono, sono progettati espressamente per operare indipendentemente dall'alimentazione dalla rete principale, garantendo un'alimentazione di alta qualità ai carichi.

Grazie ai propri mezzi di accumulo dell'energia, questi sistemi sono in grado, indipendentemente dalla rete interconnessa, di garantire una elevata qualità della rete locale e di alimentare i carichi in maniera ininterrotta e a tensione costante.

Gli stabilizzatori rotanti, equipaggiati con dispositivi di accumulo dell'energia bidirezionali, sono, quindi, adatti nelle reti di potenza che sono alimentate in prevalenza da sorgenti di energia interne. Usando gli stabilizzatori è possibile eliminare la necessità di sovradimensionare la generazione di potenza attiva nelle micro reti per assicurare condizioni operative stabili in caso di fluttuazioni nella potenza generata o nella potenza assorbita.

Le condizioni affinché quanto detto avvenga e sia possibile il loro inserimento in una micro rete è spiegato nei paragrafi seguenti.

2 Requisiti di base di una rete isolata stabile

Nel valutare la qualità di una rete di alimentazione, l'obiettivo critico è il mantenimento della tensione e la frequenza entro i limiti predeterminati. Entrambi i suddetti parametri dipendono da diverse variabili e in larga misura possono essere ritenuti indipendenti fra loro.

Stabilità di frequenza

Il mantenimento di una frequenza costante dipende direttamente dal bilancio di potenza attiva all'interno della rete. Se nella rete viene immessa più potenza attiva di quella consumata dai carichi, la potenza attiva superflua deve fluire da qualche parte per mantenere il bilancio delle potenze.

Senza ulteriori misure di stabilizzazione, questa potenza attiva in eccesso si traduce automaticamente in un aumento di frequenza. Questo aumento di frequenza è causato dall'accelerazione delle masse rotanti, come generatori e motori, collegati alla rete, poiché nella maggior parte dei casi solo questi hanno la capacità di assorbire l'energia superflua e convertirla in energia rotazionale.

Viceversa, se viene fornita meno potenza di quella consumata, l'energia mancante viene presa dalle masse rotanti e di conseguenza questo porta ad una riduzione della frequenza.

Fluttuazioni di frequenza della rete possono quindi essere direttamente attribuite alle fluttuazioni della potenza attiva, sia a livello dei carichi che a livello dell'alimentazione.

Da un lato, le fluttuazioni di potenza dell'alimentazione possono essere causate, per esempio, da guasti dei generatori o dei convertitori di frequenza e dall'altro - nel caso di fonti energetiche rinnovabili - da un cambiamento nell'incidenza della luce sui pannelli fotovoltaici in un impianto solare o da un cambiamento della velocità del vento o della sua direzione, nel caso di impianti eolici.

In una grande rete interconnessa, questi effetti di solito comportano soltanto un lieve squilibrio fra la potenza generata e la potenza assorbita, così che non sia necessaria alcuna azione rapida di controllo per mantenere la frequenza costante all'interno dei parametri stabiliti.

Questo non è più così nel caso di piccole reti isolate, le cosiddette micro reti, che non hanno collegamenti ad un grande rete interconnessa e non usufruiscono, quindi, del suo effetto smorzatore. In questo caso le oscillazioni della generazione di energia, hanno un effetto sempre maggiore sul bilancio della potenza attiva della rete e, quindi, spesso portano a variazioni di frequenza apprezzabili.

Le sorgenti di potenza di queste micro reti e i loro sistemi di controllo, in genere, non sono in grado di regolare la potenza generata in pochi secondi. Per questa ragione si rende necessario l'utilizzo di sistemi di stabilizzazione rapidi, i quali sono in grado di ripristinare prontamente il bilancio di potenza attiva e, quindi, la frequenza. Idealmente, i sistemi di stabilizzazione dovrebbero essere dotati di un dispositivo di accumulo di energia, che permette alla stessa quantità di energia di essere assorbita e erogata al fine di reagire sia a un deficit di potenza che ad un suo eccesso. (vedi Fig.1)

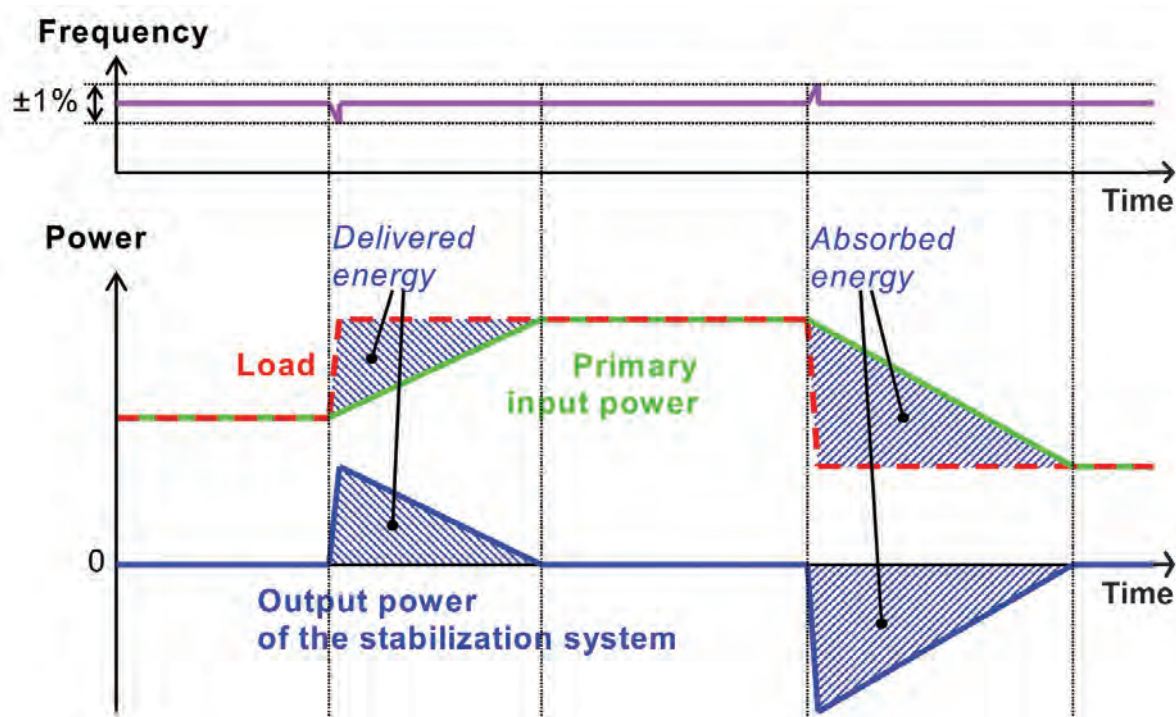


Fig.1 La modalità di funzionamento di un sistema di stabilizzazione con immagazzinamento bidirezionale di energia durante le fluttuazioni del carico in una rete ad isola. In ascissa il tempo in ordinata la frequenza (nel primo diagramma) e la potenza attiva (nel secondo).

Questo requisito rende i sistemi a batteria meno adatti allo scopo fintantoché la potenza erogabile è limitata dall'alta resistenza interna e dal limite superiore di tensione della singola cella.

D'altra parte, usare le batterie ha senso solo nel caso in cui sia necessario alimentare grossi carichi o sopperire ad un grosso deficit di potenza causato da una mancata alimentazione da parte della rete. I sistemi a volano sono, invece, la prima scelta se si deve compensare l'eccesso di potenza generato dal distacco di carichi.

I sistemi di accumulo a volano, equipaggiati con convertitori di frequenza bidirezionali, possono fornire una stabilizzazione efficace nei casi di deficit di potenza, come nel caso di eccesso di potenza. Grazie a tempi di reazione al disotto dei 20 millisecondi, la frequenza in una micro rete, virtualmente, può essere mantenuta costante in tutte le situazioni.

Stabilità della tensione

Esiste una relazione tra potenza reattiva e tensione che è simile a quella tra potenza attiva e frequenza.

Se aumenta la richiesta di potenza reattiva in rete, la conseguente potenza reattiva addizionale provoca un aumento della caduta di tensione sulle impedenze della rete principale e interna e, quindi, una caduta di tensione più elevata sui carichi.

Viceversa, una riduzione della richiesta di potenza reattiva provoca un aumento della tensione di alimentazione dei carichi.

In generale, la perdita dell'equilibrio fra potenza reattiva erogata e assorbita è più facile da controllare rispetto a una mancanza dell'equilibrio fra potenza attiva assorbita ed erogata.

Questo perché l'assenza dell'equilibrio di potenza attiva comporta una deviazione della frequenza in continuo aumento, mentre quella di potenza reattiva comporta una deviazione di tensione finita.

3 Requisiti per sistemi di stabilizzazione in reti in isola

I requisiti principali di un sistema di stabilizzazione sono:

- reagire rapidamente alle fluttuazioni di potenza attiva e di correggerle in maniera tale per cui la frequenza rimanga costante
- fornire una potenza reattiva di breve durata, su richiesta, attraverso la quale mantenere costante la tensione di alimentazione sui carichi

Uno stabilizzatore, pertanto, dovrebbe avere le seguenti caratteristiche principali e funzionalità:

Deve essere progettato per un flusso bidirezionale di potenza per poter fronteggiare sia un eccesso di potenza attiva che un suo deficit

Il dispositivo di accumulo dell'energia deve poter essere mantenuto in uno stato di carica intermedio perché possa assorbire o erogare potenza attiva in qualsiasi momento. Ciò richiede una regolazione attiva e la conoscenza dello stato di carica.

L'unità di immagazzinamento dell'energia deve essere dimensionata in maniera tale per cui si disponga di energia sufficiente per coprire l'intervallo di tempo di cui necessitano i generatori principali per:

- ripristinare il bilancio di potenza attiva conseguente a un guasto in rete
- raggiungere delle condizioni di esercizio stabili

Deve poter essere usato in parallelo con le varie sorgenti di energia, come per esempio aerogeneratori, centrali solari, piccoli generatori idroelettrici, turbine a gas, generatori Diesel, eccetera.

La sua potenza nominale deve essere della stessa grandezza dei deficit e dei surplus di potenza attesi.

Deve essere sufficientemente robusto per sopportare senza danni sovraccarichi di breve durata, mentre continua a contribuire alla regolazione del bilancio di potenza anche con deviazioni della tensione e/o della frequenza.

4 Realizzazione

Gli stabilizzatori rotanti tipo Piller UNIBLOCK™ UBT+ e UBTD+ (vedi fig.2), in combinazione con sistemi di accumulo di energia e di tensione prodotta da generatori sincroni, sono in grado di rispettare tutti i requisiti elencati nel paragrafo precedente.

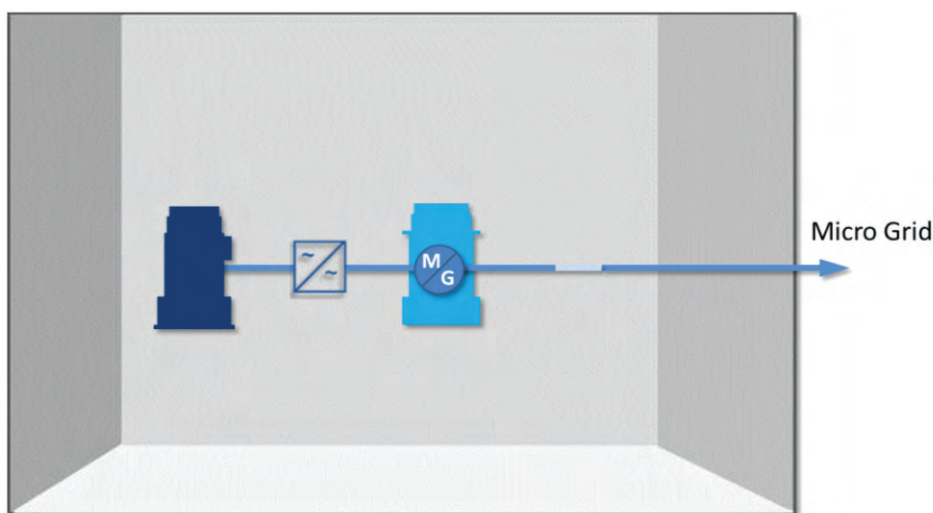
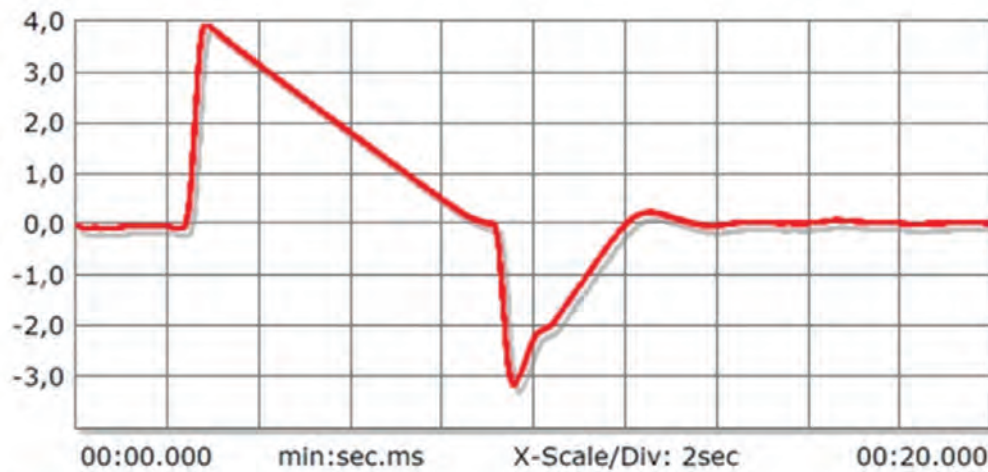


Fig. 2 Lo schema unifilare mostra uno stabilizzatore base di tipo PILLER UNIBLOCK™ UBT+ con l'accumulatore di energia con volano POWERBRIDGE™. Nello specifico è mostrata la versione usata per il miglioramento della regolazione di frequenza e tensione in reti non connesse alla rete principale.

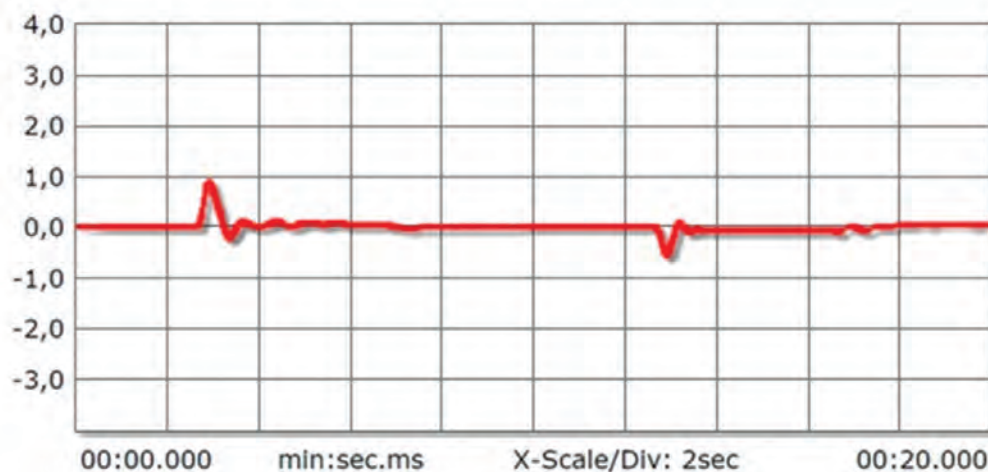
Le batterie possono essere utilizzate come sistema di accumulo dell'energia al pari del POWERBRIDGE™, che è un accumulatore cinetico a volano bidirezionale.

Le figure 3 e 4 nella pagina successiva mostrano, per esempio, l'effetto della stabilizzazione bidirezionale della frequenza in una rete isolata alimentata da un gruppo elettrogeno Diesel.



Generator U1 - U2, Delta Frequency (%)
Min: -3,11% Max: 4,04% Reference: 50,00 Hz

Fig. 3 Andamento della frequenza generata dal gruppo elettrogeno Diesel a seguito di un distacco del 50% del carico nominale e di una presa di carico del 50%, senza alcun sistema di stabilizzazione. In ascissa il tempo in secondi (2 secondi per divisione) e in ordinata la deviazione percentuale di frequenza.



Generator U1 - U2, Delta Frequency (%)
Min: -0,59% Max: 0,94% Reference: 49,99 Hz

Fig. 4 Andamento della frequenza generata dal gruppo elettrogeno Diesel a seguito di un distacco del 50% del carico nominale e di una presa di carico del 50% con stabilizzazione di frequenza bidirezionale fatta da un Piller UNIBLOCK™ equipaggiato da un volano ad accumulo cinetico POWERBRIDGE™.

Per quanto riguarda queste capacità di stabilizzazione della frequenza, gli stabilizzatori rotanti possono inoltre far sì che la generazione di potenza attiva in una micro rete non debba essere sovradimensionata per ottenere le condizioni operative stabili in caso di variazioni di carico o di alimentazione.

Al fine di compensare i guasti nella generazione primaria di potenza e la mancanza di potenza attiva che ne consegue, i sistemi possono anche essere progettati con un motore Diesel integrato (per esempio vedi Fig.5). Questa combinazione permette anche di coprire i picchi di carico nella rete elettrica locale qualora la potenza dei generatori principali non sia adeguata alla circostanza. In questo caso, il motore Diesel verrebbe acceso automaticamente nel momento in cui si avvicini alla completa scarica dell'accumulatore cinetico a volano, in maniera tale che la rete possa beneficiare dell'effetto di stabilizzazione senza interruzioni. Se richiesto, il motore Diesel può essere anche avviato manualmente in ogni momento.

Gli alternatori sincroni del sistema Piller forniscono una potenza reattiva di riserva sufficiente a sostenere la tensione e rendono disponibile una corrente di corto-circuito addizionale alla rete. Nel caso in cui vengano utilizzati sorgenti di energia che utilizzano inverter, quali impianti fotovoltaici o micro turbine, il generatore agisce come sorgente di tensione stabile consentendo agli inverter di operare come se si trovassero connessi alla rete principale.

Il Piller UNIBLOCK™ UBT+ e l'UBTD+ sono adatti per qualunque tensione e frequenza standard. Oltre alla gamma completa di bassa tensione da 380 V a 600 V, sono disponibili anche in media tensione fino alla potenza unitaria di 3.000 kVA .

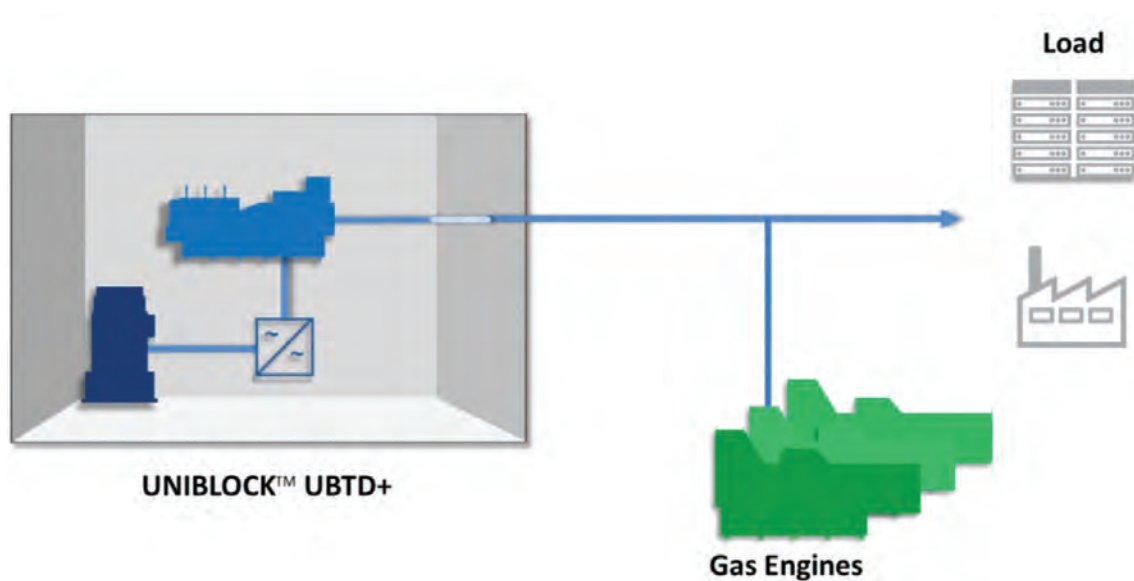


Fig.5 Stabilizzazione e back-up di una micro rete isolata equipaggiata di gruppi elettrogeni a gas naturale e un Piller UNIBLOCK™ UBTD+

Se una rete con una autoproduzione deve essere connessa alla rete principale, il sistema rotante Piller può anche essere usato come sistema di accoppiamento fra la rete principale e la rete locale, come mostrato in fig.6. L'installazione della reattanza di accoppiamento consente di regolare la tensione della rete locale a prescindere dalla qualità della tensione della rete principale. Oltre a proteggere la rete locale da fluttuazioni di tensione e guasti nella rete principale, il sistema consente di importare ed esportare energia nella rete principale secondo le necessità. In caso di guasto grave nella rete principale, il sistema provvede ad isolare la rete locale e, a seconda che si stesse importando o esportando energia, può immettere o assorbire energia dalla rete locale fintanto che i gruppi di generazione locali provvedono alla regolazione nella rete locale, ora isolata.

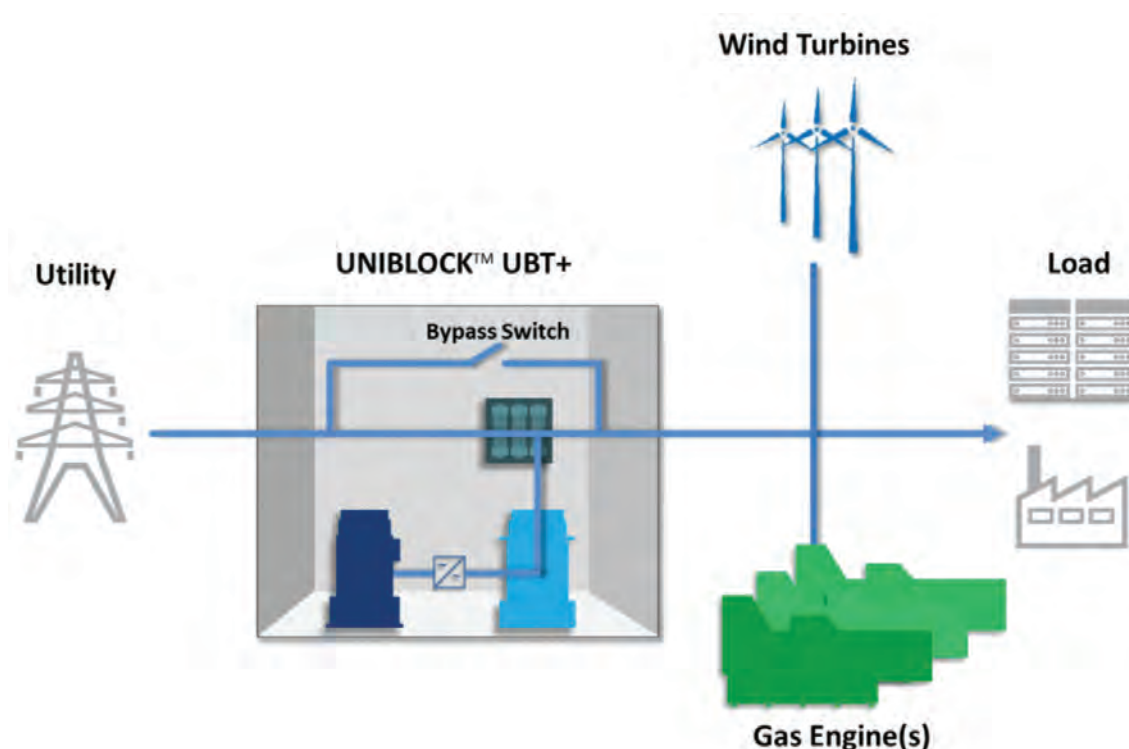


Fig.6 Uso di uno stabilizzatore per l'accoppiamento alla rete principale di una micro rete avente la propria generazione interna.

Esistono due modi fondamentali per integrare un sistema di stabilizzazione rotante Piller in una rete isolata:

- come semplice sorgente di energia, che assorbe e rilascia energia quando i valori di questa superano o sono inferiori ai parametri fissati
- come elemento determinante per la regolazione della frequenza e della tensione in cooperazione con altri sistemi di generazione, che fornisce una energia di elevata qualità adatta per alimentare carichi critici come data center e la produzione di semiconduttori

Ad ogni modo, la soluzione ottima per la stabilizzazione della rete locale o micro rete va valutata caso per caso esaminando le necessità in termine di qualità dell'energia e la complessità del sistema di alimentazione.

5 Casi di studio

5.1 Alimentazione di una fabbrica di semiconduttori da 35MW

Questo esempio mostra il sistema di alimentazione da 35 MW di una fabbrica di semiconduttori, che include un impianto di cogenerazione composto da nove gruppi elettrogeni a gas da 3,9 MW ciascuno. Sia l'elettricità che il calore prodotto vengono trasferiti alla fabbrica, che dista diverse centinaia di metri dal punto di produzione.

Il ruolo dello stabilizzatore consiste nell'interfaciare la rete nazionale, che ha una qualità inferiore dell'energia, con la rete locale, che, invece, dispone di energia di alta qualità. Esso raggiunge sia l'obiettivo di mantenere la rete nazionale come sorgente di energia di riserva alla centrale su gruppi a gas che quello di filtrare i disturbi provenienti dalla medesima rete. Grazie a questa interfaccia è possibile scambiare fino a 5 MW di potenza con la rete nazionale sia in entrata che in uscita. Questo consente di esercire i motori a gas in ragione della domanda di calore da parte della fabbrica e raggiungere degli alti livelli di rendimento.

Il secondo obiettivo dello stabilizzatore è disconnettere la rete locale, avente energia di alta qualità, dalla rete nazionale in caso di guasto ed assicurare il bilancio di potenza nel funzionamento in isola.

Il modo particolare in cui agisce l'accumulatore cinetico a volano consente di rilasciare o assorbire la piena potenza. La possibilità di avere un flusso di potenza bidirezionale consente di raggiungere una eccellente regolazione della frequenza durante i transitori, mantenendo la frequenza del sistema entro tolleranze strette. La figura 7 qui sotto mostra lo schema unifilare principale dell'impianto.

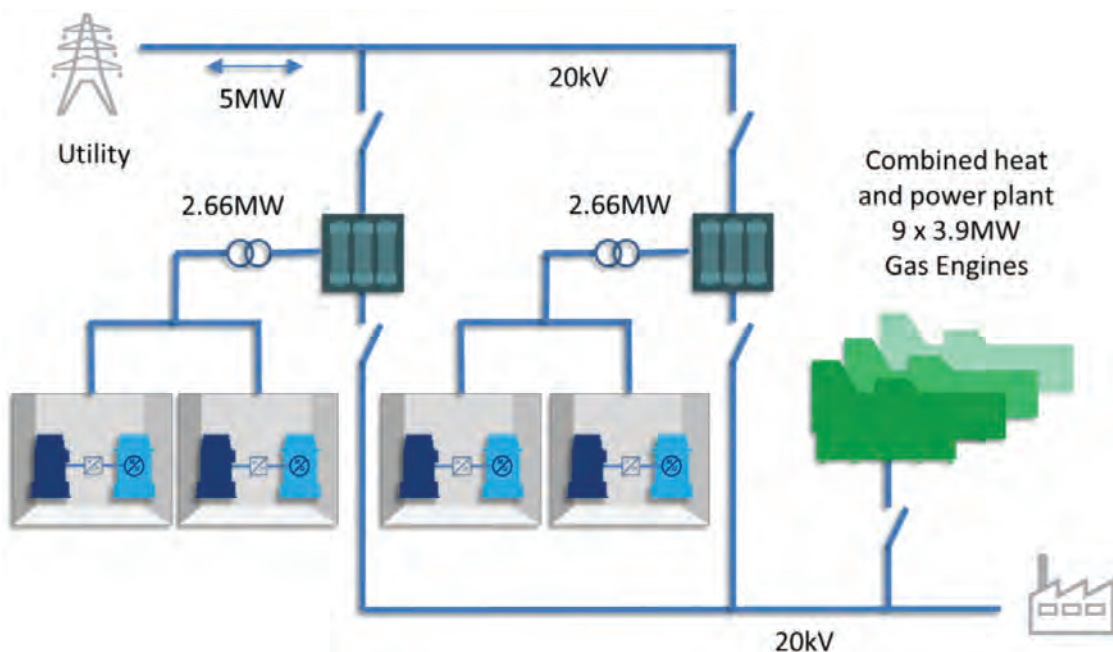


Fig. 7 Combinazione di cogenerazione e rete nazionale di riserva in un sistema per la fornitura di energia elettrica di alta qualità ad una fabbrica di semiconduttori.

5.2 Alimentazione in rete isolata di una fabbrica di cartongesso a Dubai

A causa della mancanza della rete nazionale in prossimità del sito in cui è stata costruita la fabbrica di cartongesso, a Dubai, i 3,5 MW di potenza necessari vengono prodotti localmente utilizzando 3 gruppi elettrogeni a gas naturale da 1.400 kW ciascuno.

Il calore prodotto dai motori a gas viene utilizzato nel processo di produzione. In questo modo la centrale elettrica raggiunge una efficienza energetica complessiva elevata.

Per il futuro, si è pianificato di aggiungere un impianto fotovoltaico da 400 kW da utilizzarsi come generazione di base (vedi fig.8).

Per compensare le fluttuazioni di potenza attiva dovute al processo di produzione e per impedire variazioni inaccettabili della frequenza dovute alla lentezza della regolazione effettuata dai gruppi a gas, è stato installato uno stabilizzatore rotante con accumulatore cinetico bidirezionale. In questo caso, la reattanza di accoppiamento e l'interruttore in ingresso non sono necessari, dato che non esiste alcuna connessione con la rete nazionale.

Per assicurare una fornitura sufficiente di potenza attiva anche in caso di guasto di un motore a gas, lo stabilizzatore è equipaggiato con un motore Diesel integrato che è in grado di azionare il generatore sincrono per mezzo di un giunto a ruota libera. Il motore Diesel viene avviato automaticamente nel momento in cui ci si avvicina alla scarica completa dell'accumulatore cinetico a volano. La regolazione della potenza a lungo termine assicura che i motori a gas agiscano come generatori primari di energia. Nel caso in cui questi non siano in grado di fornire tutta la potenza richiesta dalla fabbrica, il Diesel dello stabilizzatore è usato come sorgente di energia secondaria e l'accumulatore cinetico a volano come terziaria. Se si parla, invece, del contributo durante i transitori di potenza, l'ordine di intervento è esattamente l'inverso ed è modulato secondo le capacità di regolazione dinamica di ogni singolo sistema.

Così, in caso di guasto improvviso di un motore a gas, la regolazione assicura che, inizialmente, la potenza mancante venga fornita dall'accumulatore cinetico a volano, che mantiene costante la frequenza ai carichi. Dopodiché, il motore Diesel viene avviato e prende progressivamente il carico che era alimentato dal volano, prima che questi sia completamente scarico. In ultimo, ai gruppi gas viene trasferito più carico possibile attraverso una regolazione di potenza lenta. Se i motori a gas sono in grado di produrre sufficiente potenza, il motore Diesel viene fermato dopo un certo periodo. Invece, nel caso in cui la potenza richiesta sia superiore a quella erogabile dai motori a gas, la fabbrica può essere alimentata dalla combinazione dei motori a gas col motore Diesel.

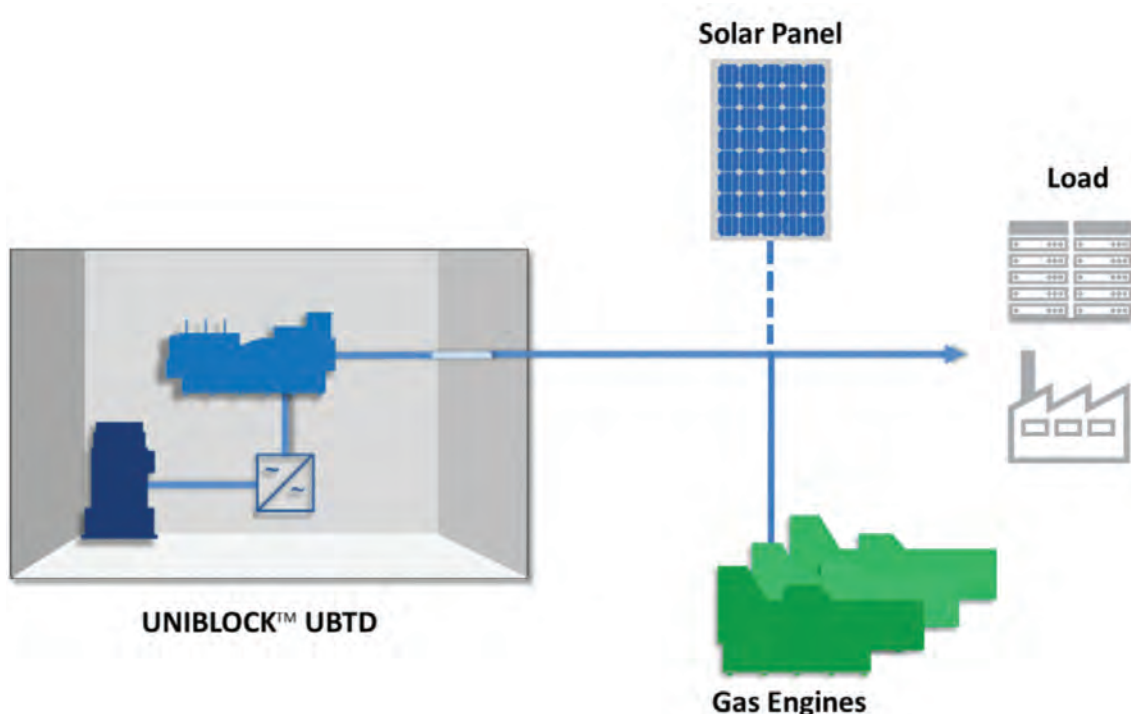


Fig. 8 Micro rete alimentata da 3 gruppi elettrogeni a gas che utilizza un PILLER UNIBLOCK™ UBTD per la stabilizzazione e come riserva di potenza a lungo termine.

6 Conclusioni

La stabilità delle reti di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica è sempre più influenzata dall'uso estensivo di fonti di energia rinnovabili. Esistono tecnologie e metodi particolari, necessari per stabilizzare la fornitura di energia al sito con quella prodotta localmente.

In questa applicazione, grazie alla loro robustezza, flessibilità e potenze elevate, gli stabilizzatori rotanti sono la prima scelta se si vuole avere un'alimentazione veramente stabile; in combinazione con gli accumulatori cinetici a volano bidirezionali, utilizzati come volani accoppiati elettricamente, sono in grado di fornire l'energia necessaria alla stabilizzazione per qualsiasi tipo di carico o fluttuazione di potenza e, quindi di assicurare una frequenza costante perfino nelle reti isolate.

Gli alternatori degli stabilizzatori rotanti sono anche perfettamente adatti per funzionare in parallelo con la generazione al sito e per fornire sia la potenza reattiva necessaria per la stabilizzazione della tensione sia per aumentare la potenza di corto circuito della rete.

Una opportuna interazione fra l'unità di stabilizzazione e la generazione elettrica è in grado di assicurare una eccezionale stabilità in rete isolata, come dimostrato da svariati progetti nel mondo.

Frank Herbener, Piller Group GmbH

Frank.Herbener@Piller.com, Germany

White Paper No. 0063-0 / March 2014