

Generazione diesel-elettrica ad alta efficienza con sistemi di accumulo

Giordano Torri

Fondazione Megalia
8° Giornata sull'efficienza energetica nelle industrie
Milano, 18 Maggio 2016

18 Maggio 2016

La produzione di energia elettrica mediante gruppi diesel-elettrici è utile in molteplici situazioni:

- Installazioni temporanee per cantieri
- Alimentazione di aree remote non servite da reti elettriche
- Alimentazione per situazioni di emergenza
- Campi di estrazione e di trivellazione

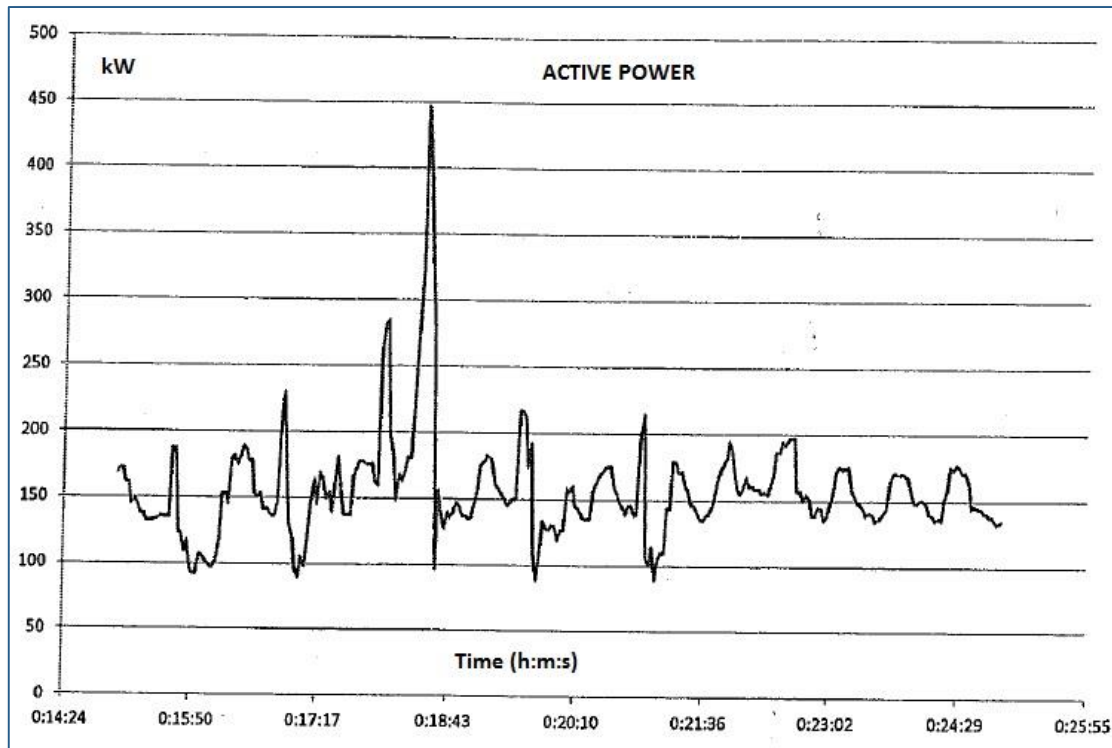
Si tratta di reti di potenza limitata che richiedono continuità di servizio, qualità della fornitura elettrica, efficienza e consumi ridotti.

Considerazioni sulla rete isolata

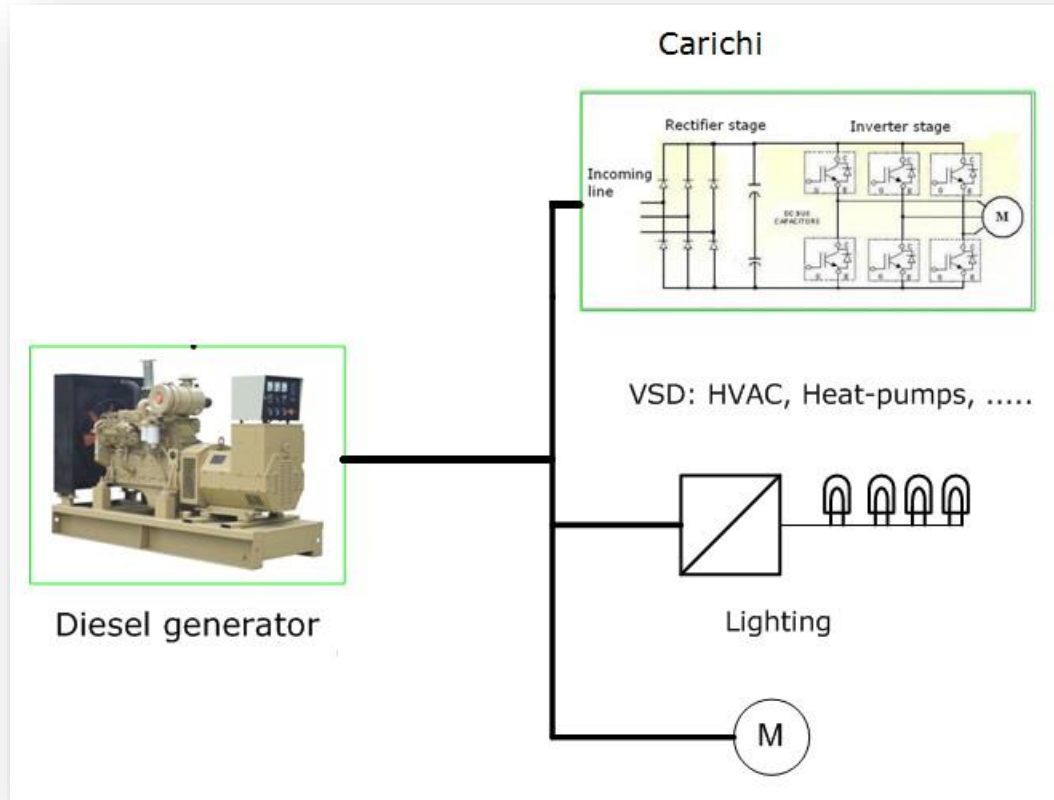
Reti di limitata estensione possono richiedere un dimensionamento particolare dell'impianto di produzione per tenere conto di diversi fattori.

Il primo fra tutti è il profilo del carico, che in alcune situazioni può risultare estremamente variabile.

Nell'esempio seguente si mostra un profilo di un impianto dove il carico richiede picchi di potenza che possono arrivare anche al 250 – 300 % del valore della potenza media.



Considerazioni sulla rete isolata



Il sistema di generazione di energia deve erogare la potenza di picco richiesta dai carichi. Nell'esempio esso deve sostenere una potenza di picco di oltre 450 kW contro un valore medio di 180 kW.

Attacco e distacco di carichi in una rete isolata

Il sistema di generazione deve poter sostenere gli attacchi ed i distacchi di carico con elevati gradini, contenendo le variazioni di frequenza entro i limiti ammessi dalle normative.

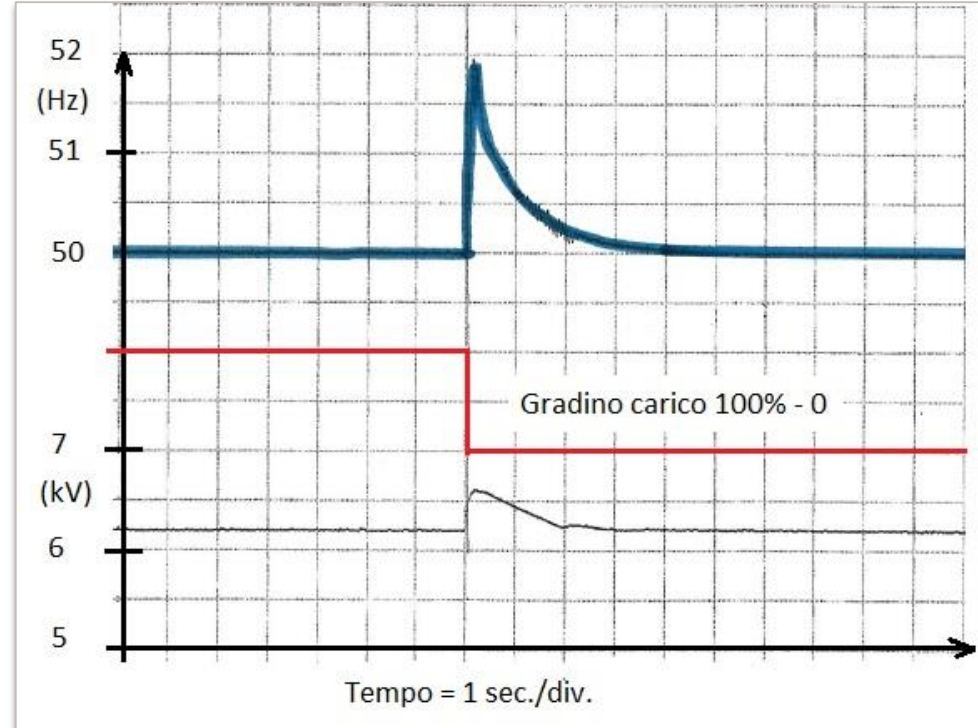
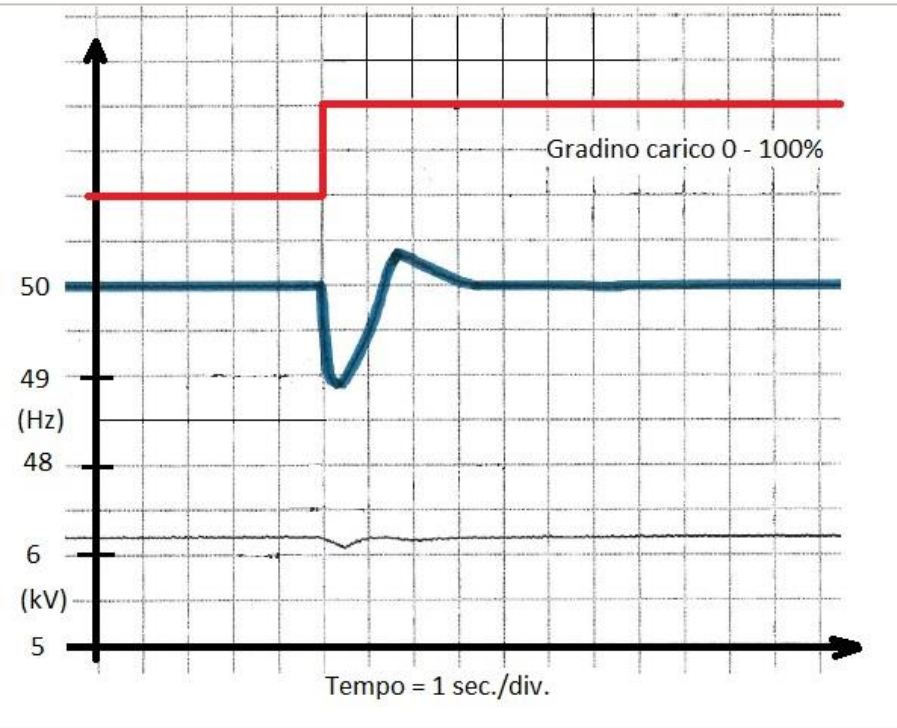
Parimenti, esso deve poter mantenere la tensione della rete entro le tolleranze ammesse durante questi transitori.

Generatori diesel-elettrici regolano la tensione con il proprio AVR e regolano la frequenza tramite il governor che regola i giri del motore.

Questi regolatori hanno un proprio tempo di reazione e questo comporta che durante i transitori si possano manifestare variazioni di frequenza e/o di tensione di una certa entità che possono disturbare altre utenze connesse alla rete.

Attacco e distacco di carichi in una rete isolata

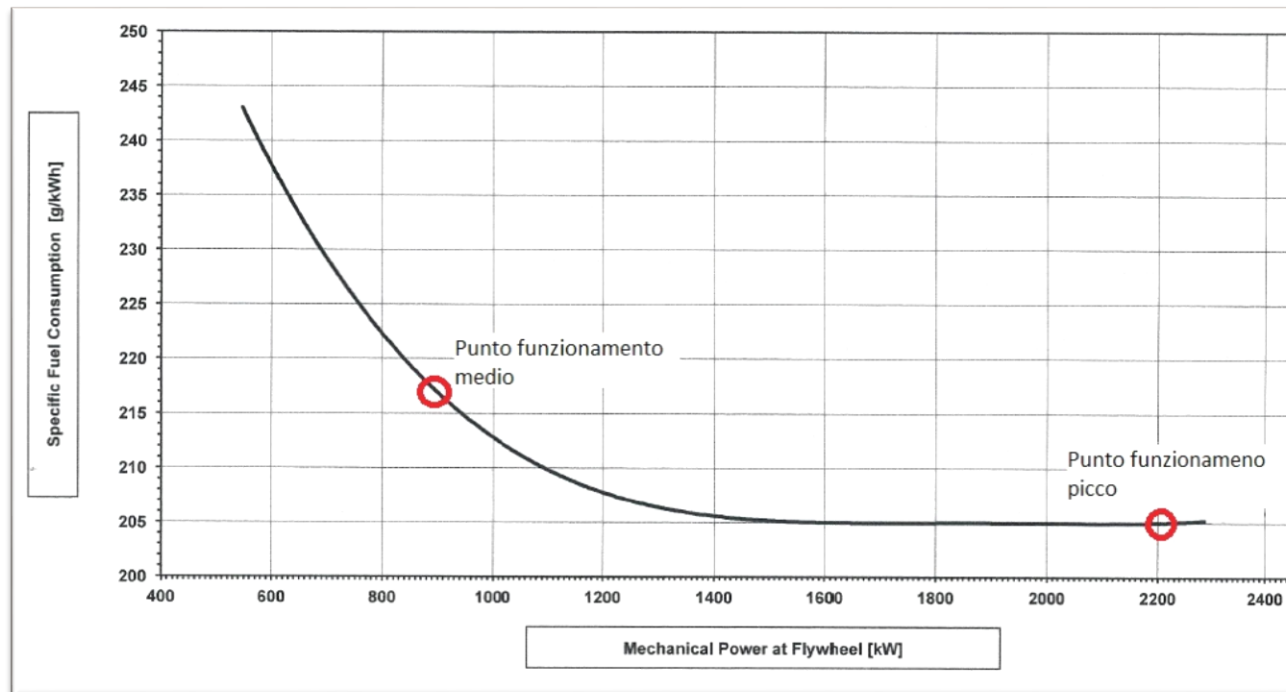
In condizioni limite di attacco (diagramma di sinistra) e di distacco (diagramma di destra) carico si innescano dei transitori della durata di alcuni secondi, durante i quali la frequenza e la tensione possono subire forti variazioni.



Per le sue caratteristiche intrinseche, un gruppo diesel generatore dimensionato per il carico medio può non essere grado di mantenere i parametri caratteristici della rete entro limiti ammessi

Efficienza del sistema di generazione

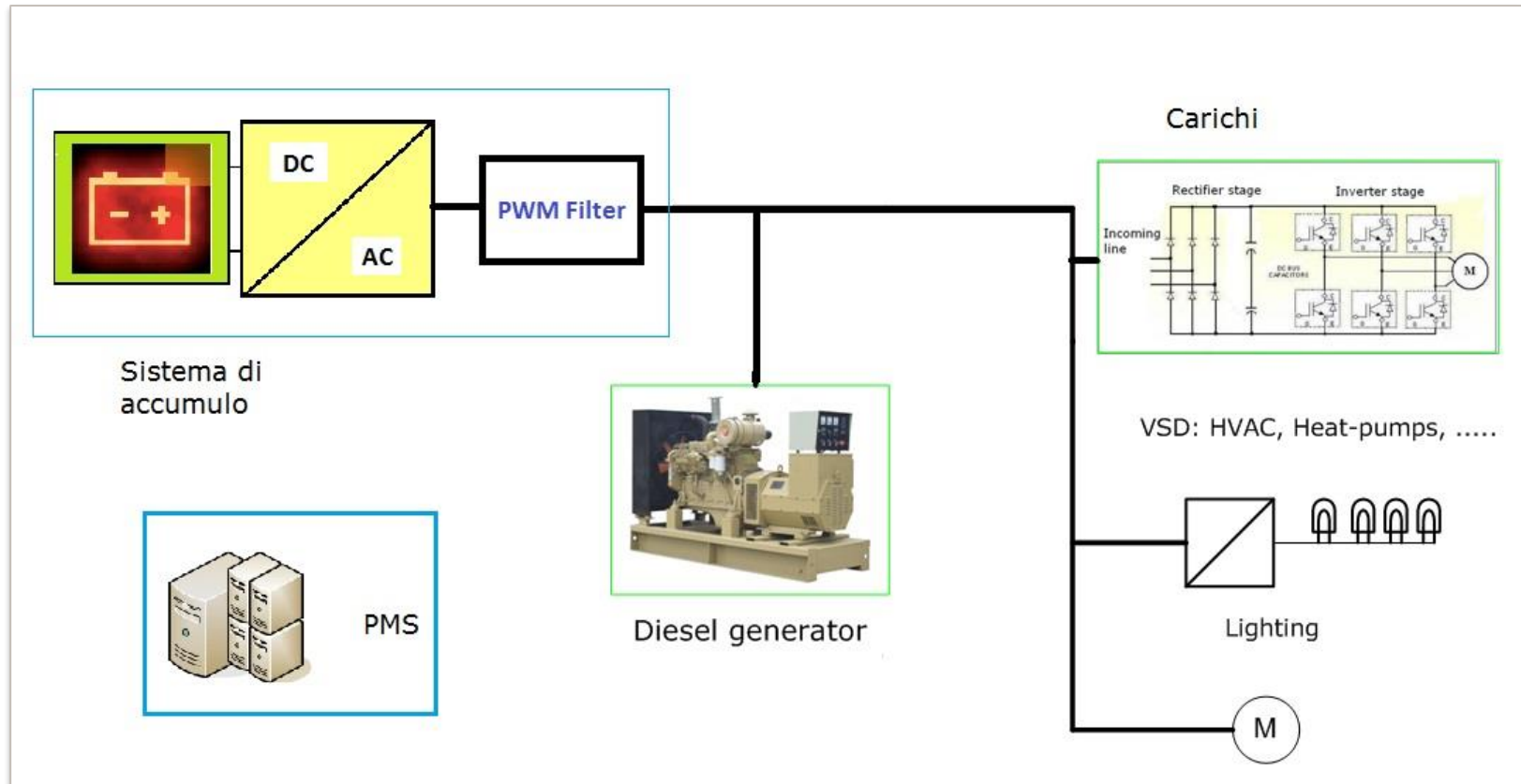
Reti isolate che mostrano profili di carico molto variabili richiedono un sistema di generazione dimensionato per sostenere il carico di picco. Il generatore eroga per gran parte del tempo la potenza media richiesta dall'impianto e solo per breve periodo eroga la potenza di picco. Ne risulta penalizzata l'efficienza del sistema perché il consumo specifico di combustibile risulta più elevato di un 5/10 % rispetto al caso di un generatore che sia dimensionato per la sola potenza media.



L'adozione di gruppi DG dimensionati per il funzionamento di picco, potrebbe risolvere alcune problematiche, ma a fronte di investimenti e costi operativi superiori

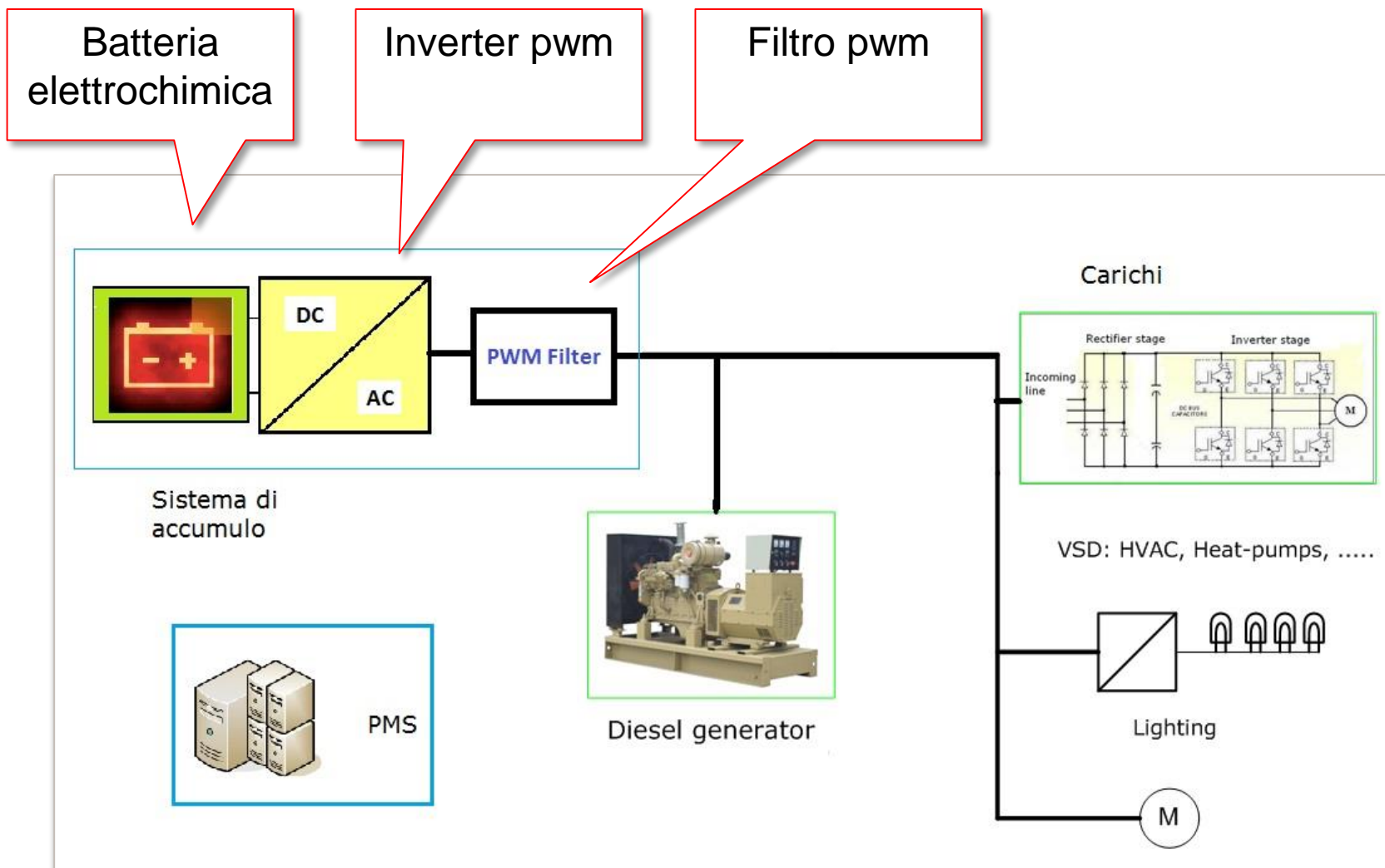
Un sistema di generazione di energia più efficiente e con prestazioni migliori.

Si considera un generatore diesel elettrico che funziona in parallelo ad un sistema di accumulo basato su batterie elettrochimiche. In tal caso il generatore diesel-elettrico è dimensionato sulla potenza media richiesta dall'impianto (perdite incluse), mentre i sovraccarichi sono gestiti dal sistema di accumulo. Si riducono i consumi e si aumenta l'efficienza.



Un sistema di generazione di energia più efficiente e con prestazioni migliori.

Elementi costitutivi del sistema di accumulo:



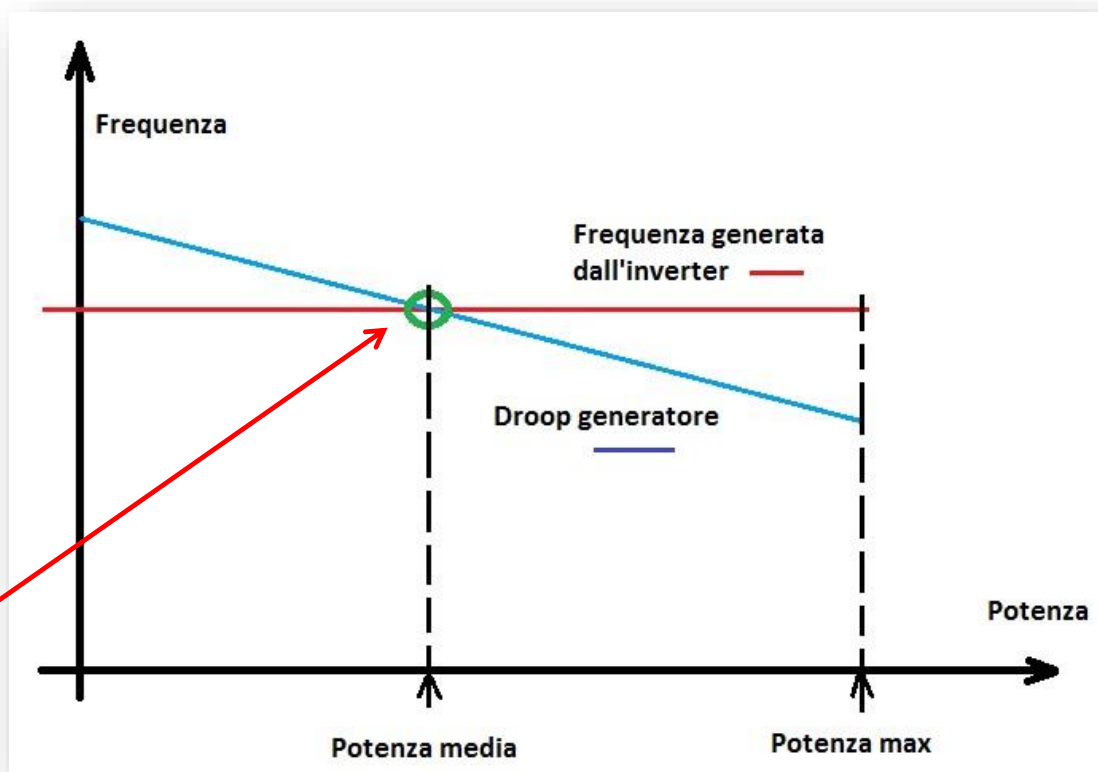
Generatore diesel elettrico con in parallelo un sistema di accumulo a batterie elettrochimiche.

L'inverter pwm del sistema di accumulo è programmato per funzionare come un generatore in grado di produrre una tensione ed una frequenza costante.

L'inverter pwm impone la frequenza e la tensione della rete.

Il generatore diesel-elettrico funziona in droop mode ed insegue la frequenza e la tensione di rete.

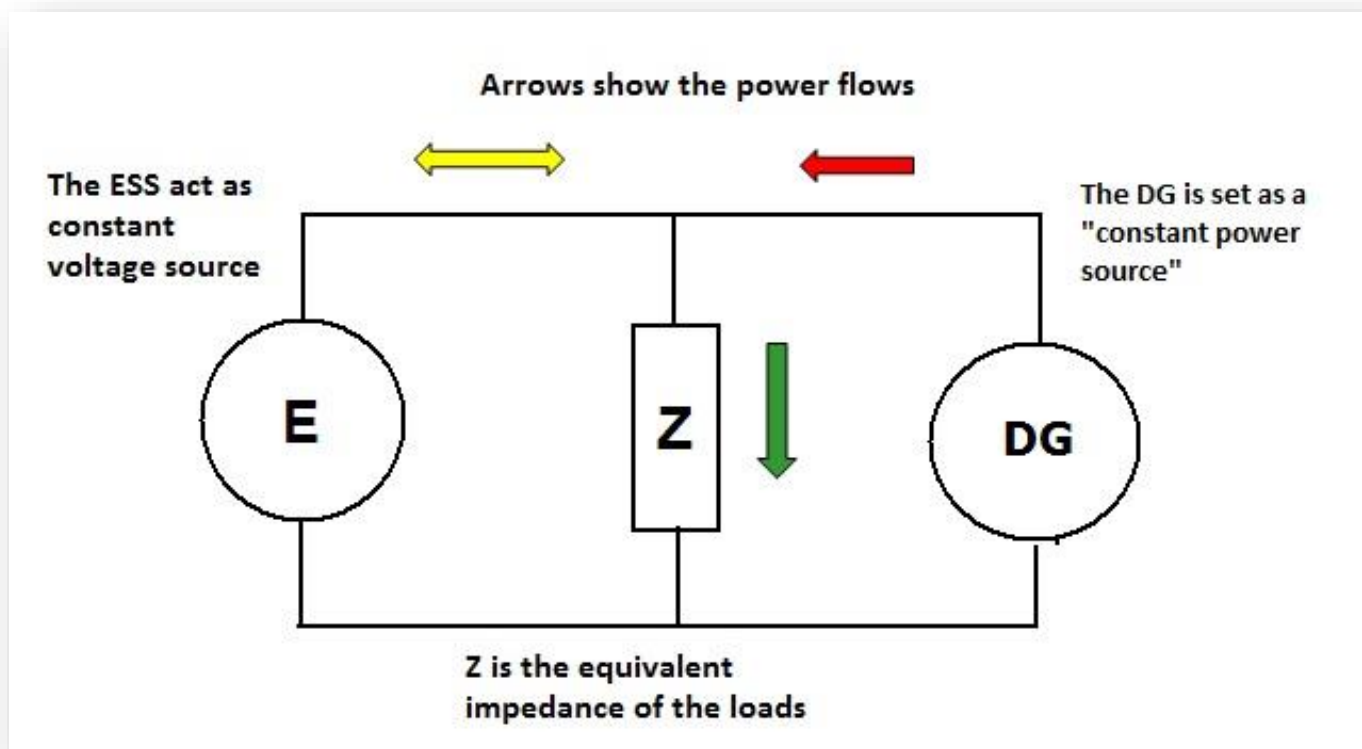
Il punto di incontro delle due caratteristiche di frequenza-potenza viene posto di poco superiore alla potenza media del sistema.



Generatore diesel elettrico con in parallelo un sistema di accumulo a batterie elettrochimiche

Il generatore diesel-elettrico in droop mode è assimilabile ad un generatore a potenza costante.

Il sistema di accumulo di energia assorbe in maniera automatica gli sbilanci di potenza che in ogni istante si vengono a creare tra il DG ed i carichi.

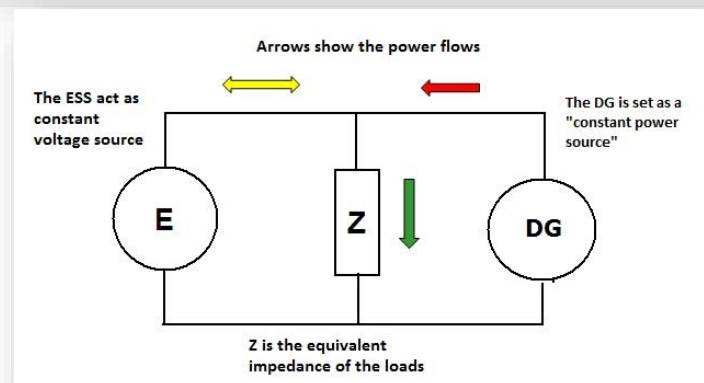
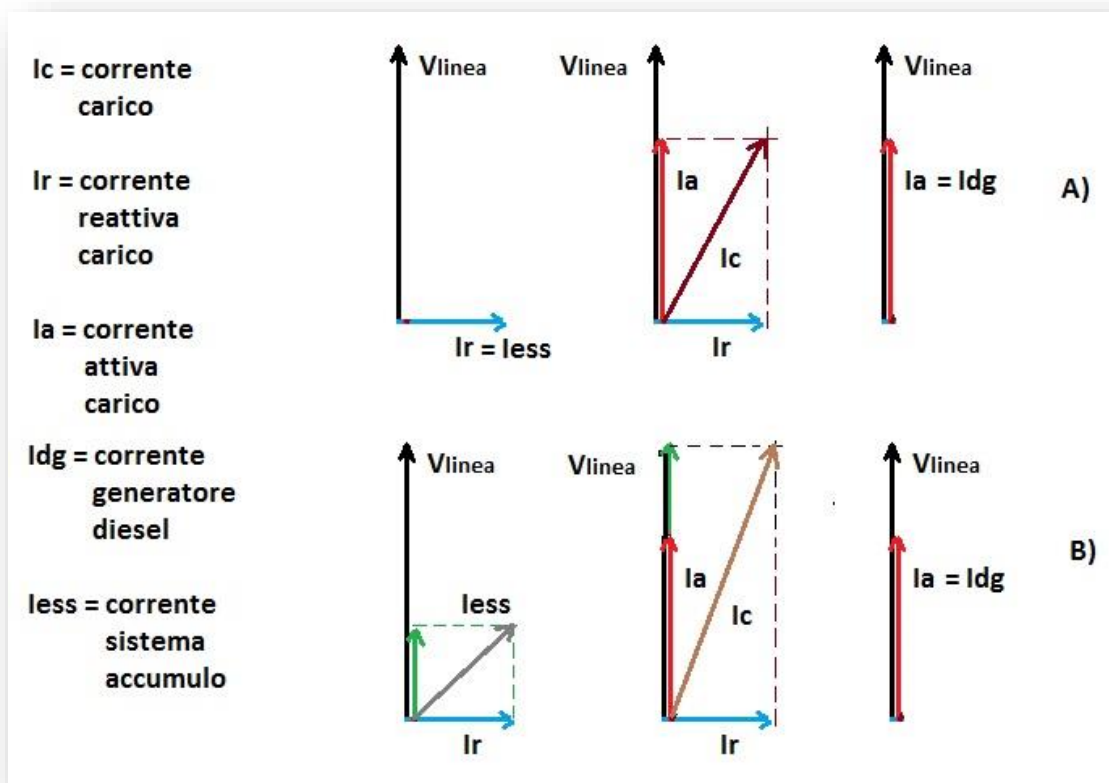


Generatore diesel elettrico con in parallelo un sistema di accumulo a batterie elettrochimiche.

In condizioni di carico medio (A), l'inverter pwm del sistema di accumulo produce tutta la corrente reattiva del carico e permette al generatore sincrono trascinato dal diesel di funzionare a $pf = 1$.

Il generatore sincrono eroga tutta la potenza attiva e funziona con un rendimento più elevato (circa + 1%).

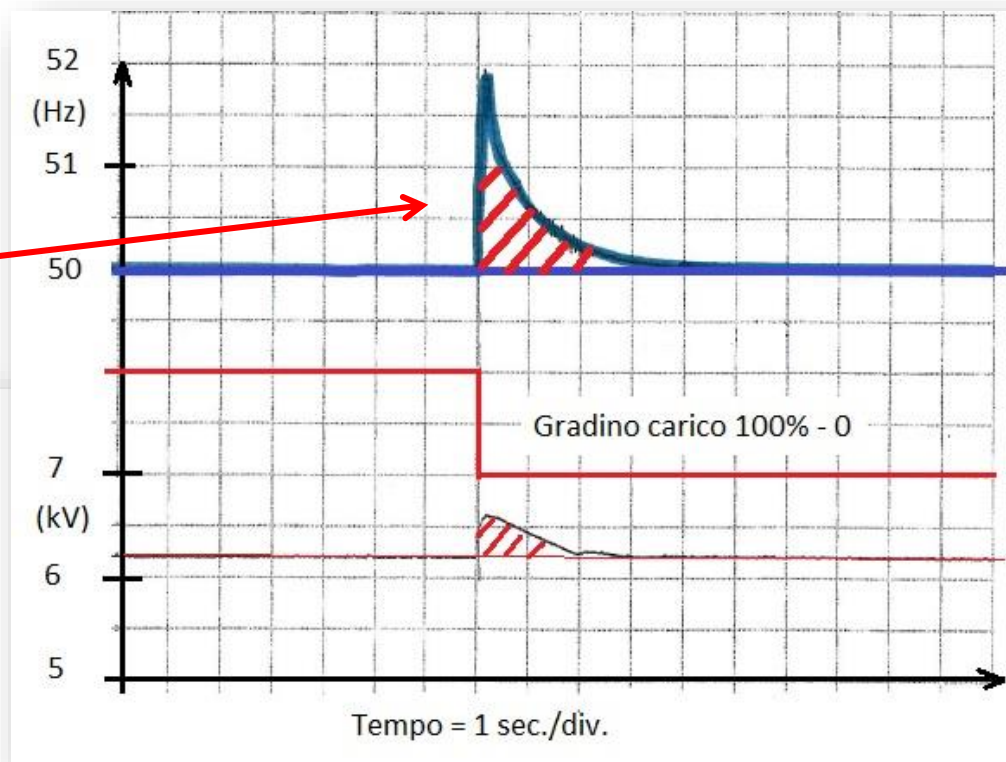
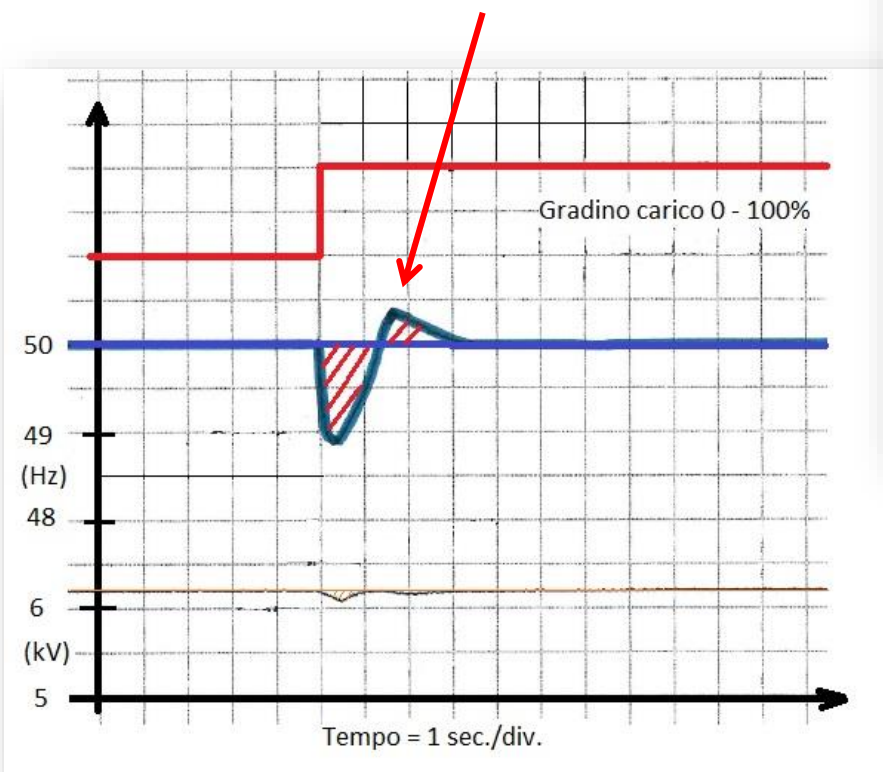
In condizioni di sovraccarico (B), il sistema di accumulo oltre a generare la potenza reattiva del carico integra la componente di potenza attiva che eccede la potenza media del carico.



Generatore diesel elettrico con in parallelo un sistema di accumulo a batterie elettrochimiche. Attacco e stacco di carico.

L'inverter pwm del sistema di accumulo produce una frequenza ed una tensione che non dipendono dal carico.

Si eliminano le cadute di frequenza e di tensione alle variazioni di carico



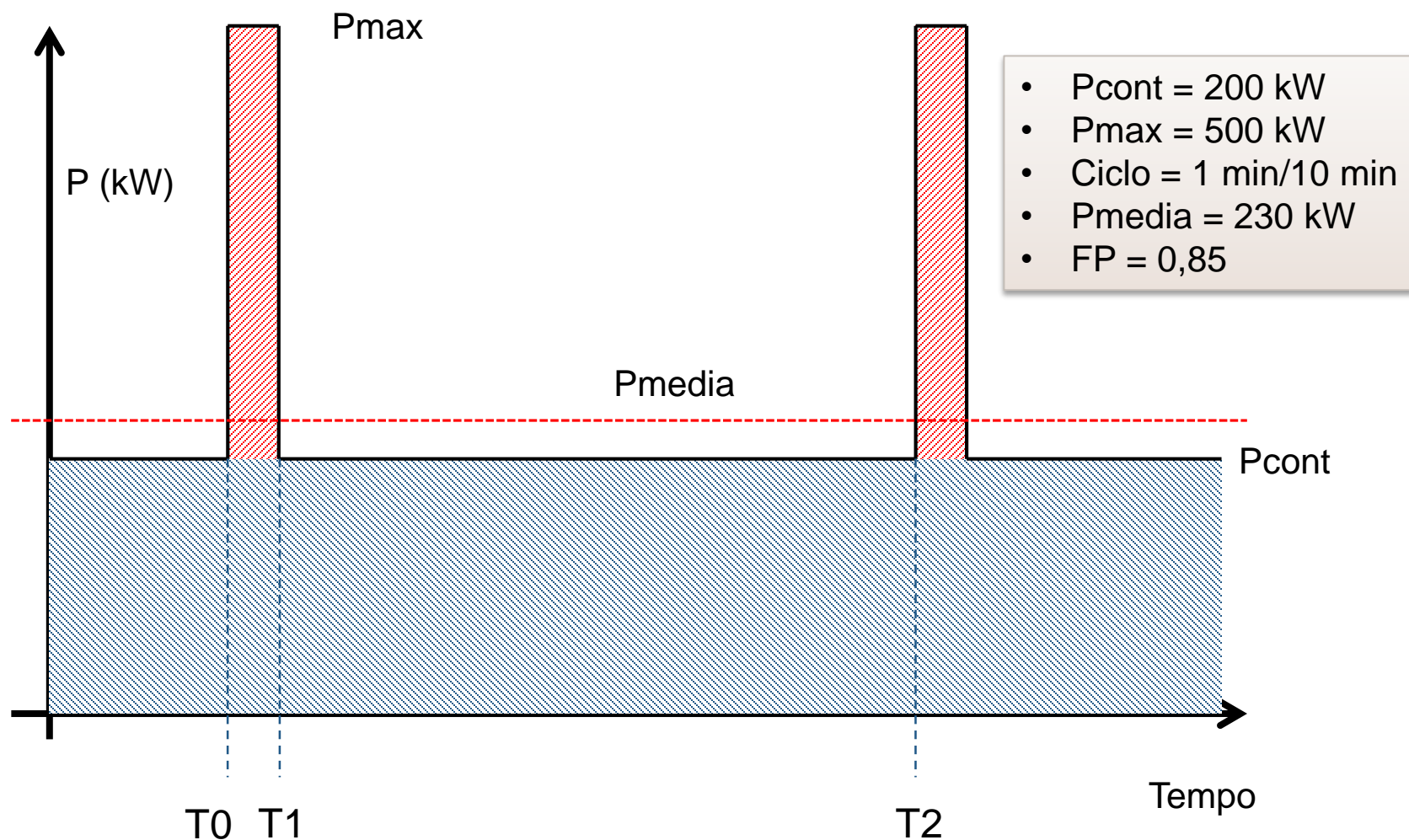
Generatore diesel elettrico con in parallelo un sistema di accumulo a batterie elettrochimiche.

Possiamo riassumere i vantaggi del sistema:

- Migliore efficienza e riduzione dei consumi, in quanto il generatore è dimensionato sul carico medio.
- Riduzione delle emissioni.
- Il generatore sincrono funziona a $pf = 1$ con un rendimento più elevato.
- La taglia del generatore diesel-elettrico si riduce in proporzione al rapporto tra potenza media e potenza di picco.
- Le cadute/aumenti di frequenza sono estremamente contenuti durante i transitori di attacco e di stacco dei carichi. Questo significa riduzione dei disturbi alla rete
- Riduzione della manutenzione.

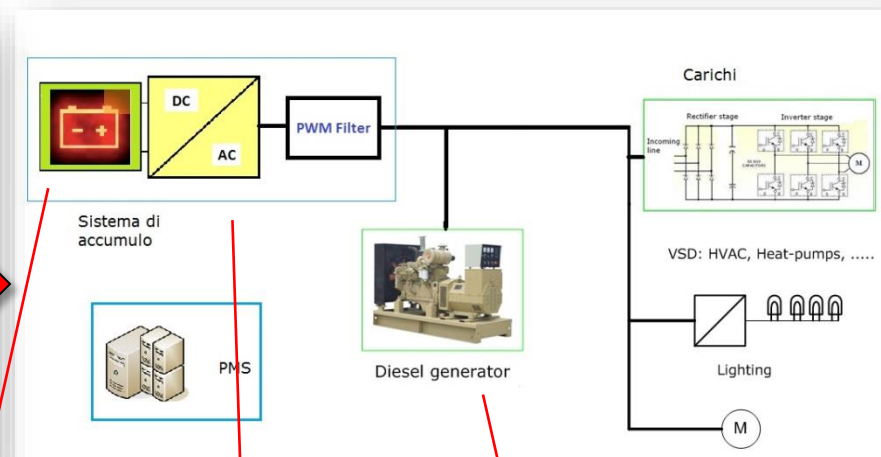
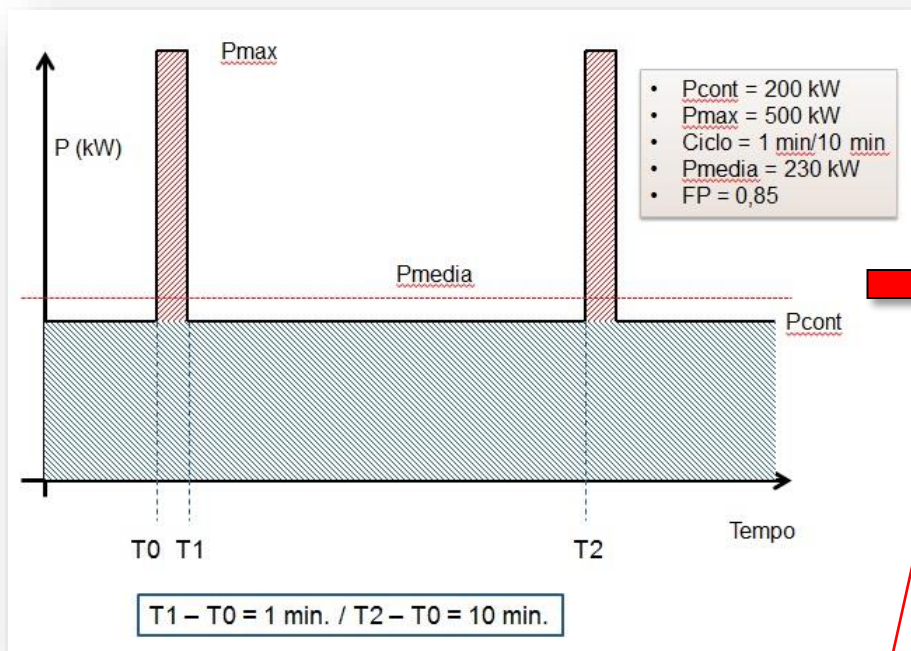
Per contro, occorre aggiungere un sistema di batterie alimentato tramite un convertitore elettronico. I vantaggi descritti sopra compensano ampiamente questa aggiunta.

Generatore diesel elettrico con in parallelo un sistema di accumulo a batterie elettrochimiche. Esempio.



$$T_1 - T_0 = 1 \text{ min.} / T_2 - T_0 = 10 \text{ min.}$$

Generatore diesel elettrico con in parallelo un sistema di accumulo a batterie elettrochimiche. Esempio.



Batterie:
 Energia = 150 kWh

Inverter pwm:
 $P_n = 430 \text{ kVA}$
 $V_n = 690 \text{ V}$
 $I_n = 360 \text{ A}$

Generatore sincro:
 $P_n = 250 \text{ kVA}$
 $V_n = 690 \text{ V}$
 $I_n = 209 \text{ A}$

Generatore diesel elettrico con in parallelo un sistema di accumulo a batterie elettrochimiche. Esempio

A) Funzionamento alla potenza continuativa (intervallo T1 – T2).

Carico:

Tensione = 690 V, $P_{\text{cont}} = 200 \text{ kW}$ e $\text{PF} = 0,85 \rightarrow$ Potenza apparente = 235 kVA

Corrente del carico = 196 A

Corrente attiva del carico = 167 A

Corrente reattiva del carico = 103 A

Generatore sincrono:

Fornisce la corrente attiva di 167 A ($\text{pf} = 1$). Il generatore sincrono migliora il suo rendimento di 1% passando da un rendimento di 0,95 a 0,96. Le sue perdite sono pari a 10 kW.

Inverter pwm:

Eroga la sola corrente reattiva del carico pari a 103 A ed offre un rendimento del 98,7%. Le sue perdite sono pari a = 5,2 kW.

Al tempo stesso si ottiene un risparmio di combustibile pari al 6% rispetto al caso di un generatore diesel dimensionato per 500 kW.

Generatore diesel elettrico con in parallelo un sistema di accumulo a batterie elettrochimiche. Esempio

B) Funzionamento in condizioni di sovraccarico (Intervallo T0 – T1).

Carico:

Tensione = 690 V, $P_{max} = 500$ kW e $PF = 0,85$ – Potenza apparente = 588 kVA

Corrente del carico = 492 A

Corrente attiva del carico = 418

Corrente reattiva del carico = 259 A

Generatore sincro:

Continua a fornire la corrente di 167 A ($pf = 1$) e funziona nelle sue condizioni di rendimento massimo.

Inverter pwm:

Eroga la corrente di 360 A (La componente reattiva del carico e la parte di corrente attiva in eccesso a quella fornita dal generatore sincro).

L'inverter offre un rendimento del 98,3% e le sue perdite sono pari a = 7,31 kW.

Batterie:

Consumano un 10% (round trip) dell'energia erogata in sovraccarico per un valore di 0,5 kWh/ciclo.

L'inverter rende stabile la frequenza e la tensione di rete. Le improvvise variazioni di carico non si riflettono su frequenza e tensione.

Grazie per l'attenzione

Giordano.torri@fincantierisi.it