

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Cos'è un sistema ORC?.....	3
Il sistema ORC ElectraTherm è una macchina termica	4
Dettaglio dei componenti del sistema ORC ElectraTherm.....	5
Fonti di calore	8
Specifiche della qualità dell'acqua per la Green Machine per fonti termiche ad alta e bassa temperatura.	8
Collegamento di varie fonti di calore a una Green Machine ElectraTherm	9
Fonti termiche per raffreddamento e condensazione.....	15
Aspetti che influenzano le prestazioni del ciclo Rankine organico (ORC) nella Green Machine	19
Calcolo della potenza termica disponibile	25
Dal raffreddamento alla produzione di energia grazie alla Green Machine.....	27
Il controllo e la sorveglianza a distanza della Green Machine.....	27
Domande più frequenti sul generatore a induzione.....	28
Rendimento della Green Machine	30

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Cos'è un sistema ORC?

Il Ciclo Rankine Organico (Organic Rankine Cycle, ORC) è un ciclo termodinamico nel quale viene impiegato un fluido organico per convertire del calore a bassa temperatura in lavoro meccanico. Tale lavoro meccanico può essere convertito in energia elettrica. Il trasferimento di calore in un processo termodinamico ORC avviene per mezzo di un fluido di lavoro organico avente una temperatura di ebollizione inferiore a quella dell'acqua. La Figura 1 illustra il processo ORC impiegato nella Green Machine ElectraTherm.

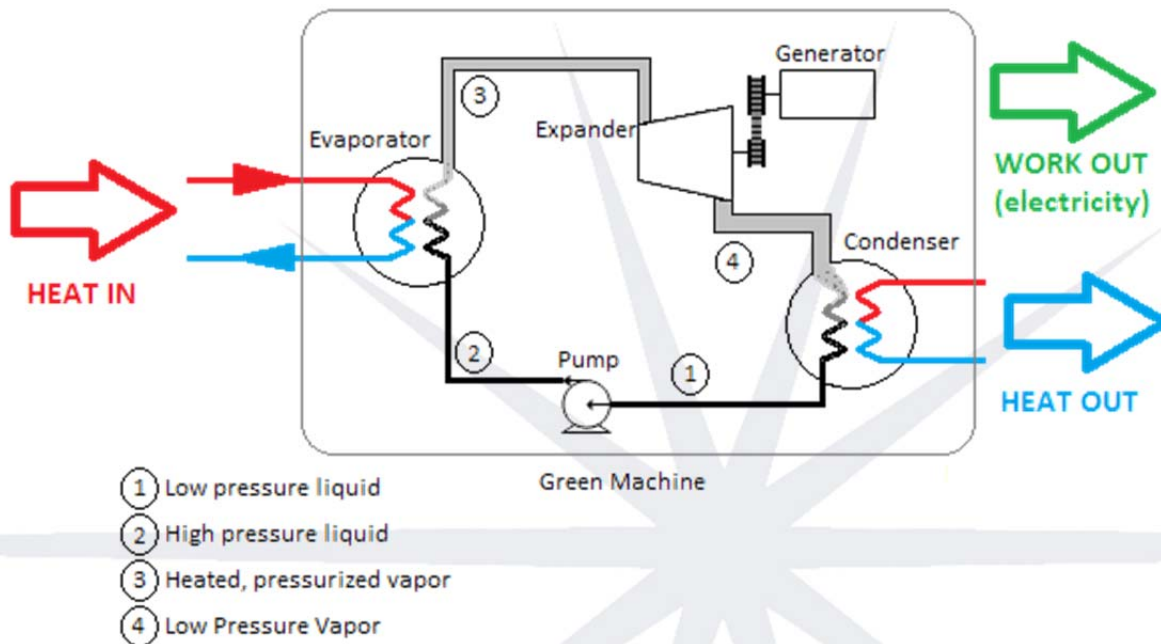


Figura 1: ORC ElectraTherm

- ① – ② Il fluido di lavoro a bassa pressione e bassa temperatura viene messo in pressione da una pompa e inviato all'ingresso dell' evaporatore (o scambiatore di calore).
- ② – ③ Lo scambiatore di calore trasferisce il calore al fluido di lavoro (calore sensibile) facendone aumentare la temperatura fino a portarla al punto di evaporazione. Dopo l'evaporazione, il fluido riceve altro calore (calore latente) senza variare la sua temperatura. Il vapore pressurizzato e ad alta temperatura lascia l'evaporatore e raggiunge un espansore.
- ③ – ④ Il vapore pressurizzato mette in rotazione un espansore a viti accoppiate, mentre la sua pressione e la sua temperatura diminuiscono. Il lavoro fornito dalla rotazione dell'espansore a viti accoppiate viene trasferito a un generatore che produce energia elettrica. Il vapore in pressione esce dall'espansore sotto forma di vapore più freddo e a bassa pressione.
- ④ – ① Il vapore a bassa pressione entra nel condensatore, dove cede parte del suo calore a un fluido di raffreddamento. Dopo la rimozione del calore, il fluido di lavoro condensa nuovamente in un liquido a bassa pressione, e il processo ricomincia.

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Il sistema ORC ElectraTherm è una macchina termica

La Green Machine ElectraTherm è una macchina termica. Le macchine termiche sono in grado di utilizzare il Ciclo Rankine Organico per convertire l'energia termica in lavoro meccanico al fine di produrre energia elettrica. La Green Machine usa il calore disperso (contenuto nell'acqua allo stato liquido) trasferendolo da una sorgente calda a un dissipatore freddo producendo lavoro meccanico, come illustrato nella figura 2.

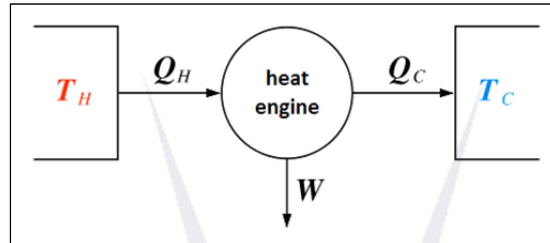


Figura 2: Schema del motore termico

Nel caso della Green Machine, il lavoro meccanico prodotto dal trasferimento di calore viene utilizzato per azionare un generatore elettrico. La seguente Figura 3 illustra alcune tra le più comuni fonti di calore e di condensazione.

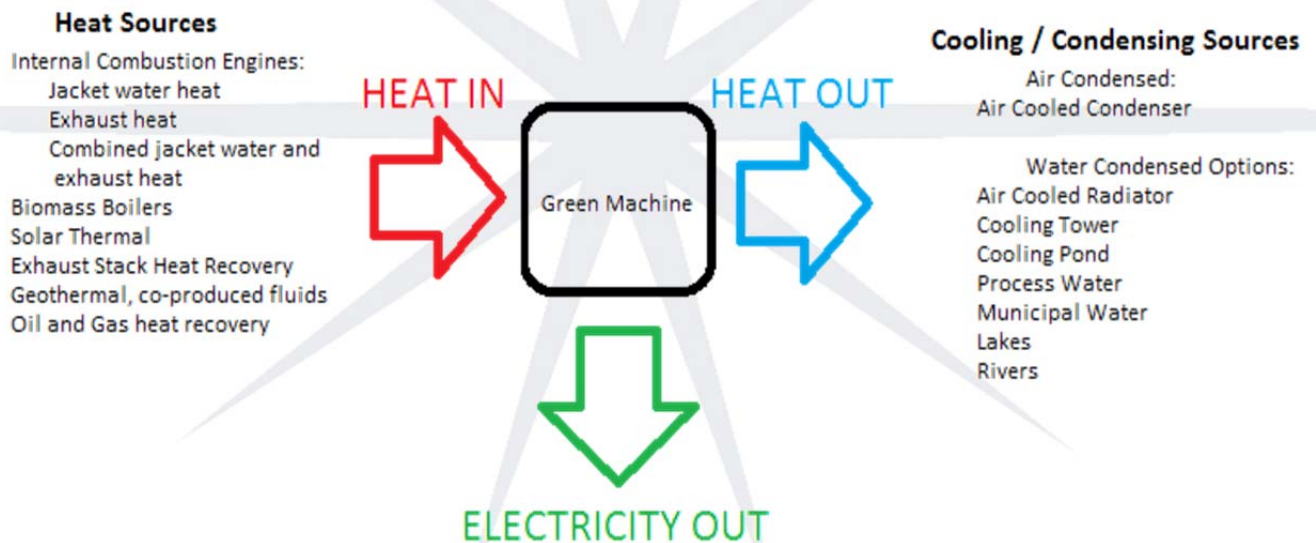
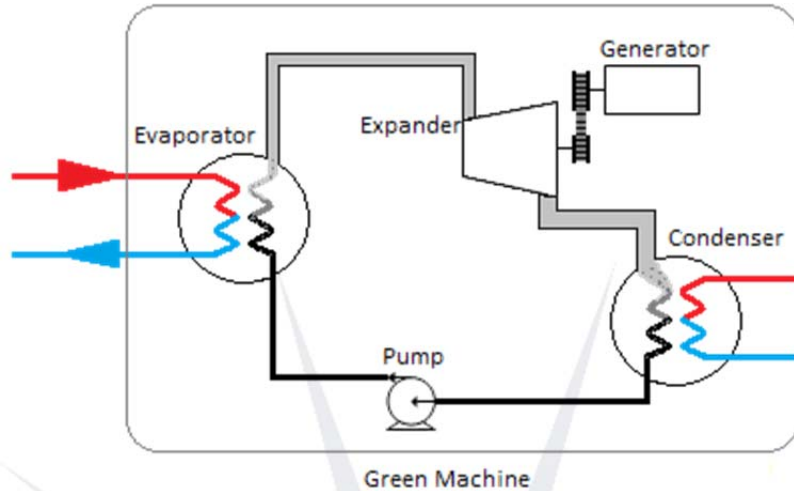


Figura 3: Possibili fonti di calore e di raffreddamento per la Green Machine ElectraTherm

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Dettaglio dei componenti del sistema ORC ElectraTherm



Fluido di lavoro HFC-245fa

Il fluido HFC-245fa (1,1,1,3,3 pentafluoropropano) è un refrigerante della famiglia degli idrofluorocarburi (HFC), approvato dall'EPA (il principale ente di protezione ambientale degli Stati Uniti) e ammesso dal Protocollo di Montreal. Si tratta di un fluido non infiammabile a bassa tossicità, compatibile con l'ambiente, che bolle a 15.5°C a pressione atmosferica. La Green Machine utilizza acqua calda per mettere in pressione il fluido a bassa temperatura di ebollizione, il quale a sua volta aziona il nostro sistema di trasformazione del calore in energia. Il fluido HFC-245fa non danneggia lo strato di ozono atmosferico e il suo impiego è in genere sicuro.

Lubrificazione del fluido di lavoro

L'olio POE impiegato come lubrificante è contenuto nel fluido di lavoro e fa parte del sistema di lubrificazione integrato su cui ElectraTherm vanta diritti esclusivi.

Pompa di alimentazione del fluido di lavoro

La pompa di alimentazione è una pompa multistadio che comprende un motore e un pacco di giranti che spingono il fluido in una direzione data. La pompa di alimentazione della Green Machine è mossa da un sistema di azionamento a frequenza variabile (da 0 a 60 Hz) con un assorbimento a vuoto che va da 0 a 7 kW.



Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Evaporatore/Pre-riscaldatore

Il pre-riscaldatore, l'evaporatore e i condensatori dell'acqua sono tutti scambiatori di calore. Il principio di funzionamento degli scambiatori di calore consiste nel riscaldare o raffreddare un fluido per mezzo di un trasferimento di calore tra questo primo fluido e un altro fluido, impedendo che i due fluidi si mescolino tra loro.

La figura seguente mostra alcune piastre saldate di uno scambiatore di calore del tipo utilizzato nella Green Machine ElectraTherm. Quando le piastre vengono saldate tra loro (a mezzo di brasatura sotto vuoto) si formano dei condotti separati in un pacco compatto che massimizzano il trasferimento termico. Nei pre-riscaldatori, evaporatori e condensatori del fluido di lavoro presenti nelle sue macchine a Circo Rankine Organico (ORC), ElectraTherm utilizza scambiatori di calore formati da piastre di acciaio inossidabile saldate con rame.



Figura 5: Scambiatore di calore con piastre brasate

Il pre-riscaldatore serve ad aumentare la temperatura del fluido di lavoro prima di inviarlo all'evaporatore. Il pre-riscaldatore utilizza l'acqua che esce dall'evaporatore per aumentare l'efficienza del sistema, in quanto riesce a intercettare il calore presente nell'acqua che altrimenti sarebbe disperso. L'evaporatore viene utilizzato per riscaldare il fluido di lavoro oltre il punto di evaporazione, aumentando la pressione che aziona l'espansore.

Espansore a viti accoppiate

Come modulo di potenza, la Green Machine usa un espansore a viti accoppiate, che in effetti può essere considerato un compressore operante all'inverso. Il fluido di lavoro ad alta pressione entra e mette in rotazione le viti accoppiate, espandendosi e determinando una caduta di pressione all'uscita. L'espansore a viti accoppiate è progettato per essere semplice e robusto. La velocità di funzionamento della Green Machine è bassa e non richiede un riduttore. Le viti accoppiate possono anche operare a umido, nel senso che il refrigerante può anche non essere al 100% vapore. Questo costituisce un vantaggio rispetto a tradizionali dispositivi di espansione a turbina.



Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Generatore elettrico (del tipo a induzione)

La Green Machine ElectraTherm impiega un generatore a induzione per la produzione energia elettrica. Un generatore ad induzione funziona in modo asincrono e non richiede la sincronizzazione rispetto alla rete elettrica. La regolazione della tensione e della frequenza sono assicurate dal collegamento di alimentazione alla rete elettrica. La sincronizzazione è resa inutile perché i generatori a induzione non sono autoeccitati, non sono magnetizzati e non hanno alcuna tensione ai morsetti prima del collegamento alla rete. (Spesso gli utenti confondono i generatori a induzione con i generatori sincroni o gli alternatori, nei quali è presente una tensione indipendente ai morsetti durante la rotazione e richiedono la sincronizzazione prima del collegamento alla rete). Per ulteriori informazioni e le risposte alle domande più frequenti sui generatori a induzione, si veda la sezione intitolata [FAQ sui generatori a induzione.](#)

Fonti di calore

Fonti di calore con acqua calda

La Green Machine richiede acqua come mezzo all'ingresso. Gli scambiatori di calore all'interno della Green Machine sono progettati per l'impiego con acqua. Il glicole etilenico e propilenico sono idonei per l'impiego nel circuito chiuso di ingresso dell'acqua calda nella Green Machine ElectraTherm. Utilizzando il glicole miscelato all'acqua, si raccomanda di limitare la percentuale di glicole nell'acqua al 40-50% massimo, in quanto il trasferimento termico diminuisce con l'aumentare della percentuale di glicole.

Fonti di calore da gas o fumi di scarico

Il trasferimento del calore dal gas o dai fumi di scarico richiede un circuito chiuso di scambio termico per trasferire il calore disperso contenuto nei gas o dai fumi al circuito chiuso dell'acqua all'ingresso della Green Machine.

Oli termici

La Green Machine ElectraTherm non è direttamente compatibile con fonti di calore di ingresso costituite da oli termici. Gli oli termici hanno circa la metà della capacità termica e della capacità di trasferimento termico rispetto all'acqua, e richiederebbero una portata doppia attraverso gli scambiatori di calore rispetto a quella richiesta con l'acqua. Il 200% di portata nominale, la caduta di pressione attraverso lo scambiatore di calore, la viscosità dell'olio e le limitazioni di velocità nel passaggio attraverso lo scambiatore di calore, rendono impossibile il funzionamento della Green Machine con gli oli termici. In molte situazioni tuttavia è semplice realizzare un circuito chiuso secondario con acqua riscaldata dall'olio termico.

Altre fonti liquide di calore disperso

Il trasferimento del calore da soluzioni caustiche, oli, sostanze chimiche, acqua salata, o qualsiasi liquido che non soddisfi i requisiti per la qualità dell'acqua elencati di seguito, richiede un circuito chiuso secondario di scambio termico per trasferire il calore disperso in essi contenuto al circuito chiuso dell'acqua all'ingresso della Green Machine.

Specifiche della qualità dell'acqua per la Green Machine per fonti termiche ad alta e bassa temperatura.

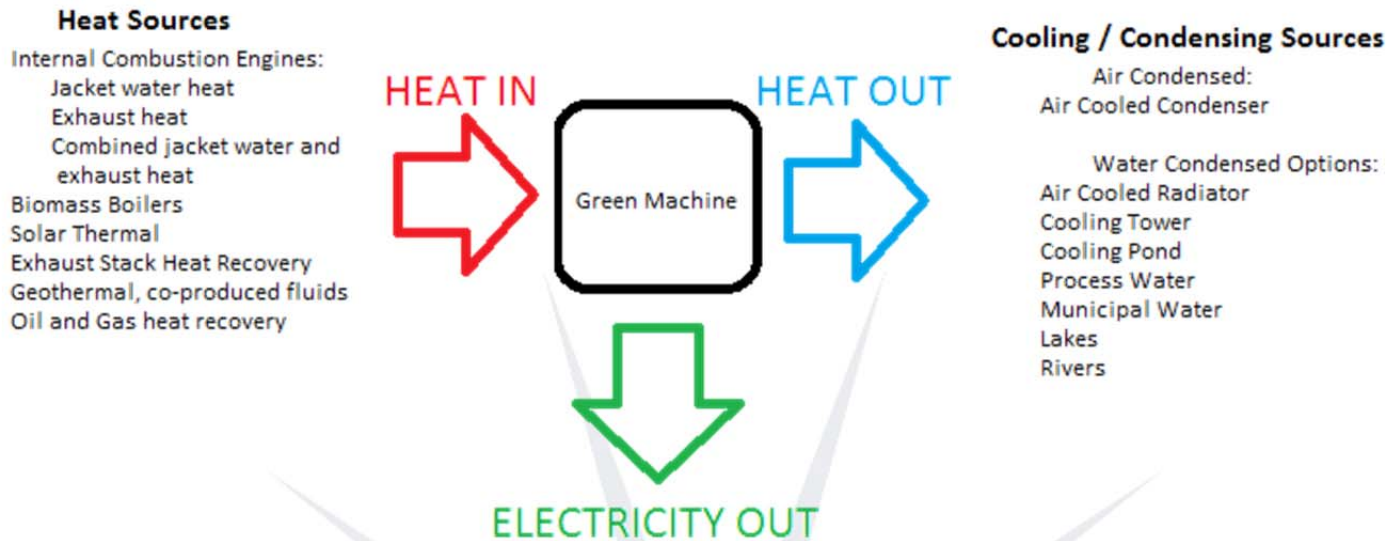
Il fluido impiegato per riscaldare l'evaporatore e il pre-riscaldatore è costituito da acqua pulita con le seguenti specifiche generali:

- l'acqua deve avere un PH neutro o leggermente alcalino (7-8,5);
- l'acqua deve essere priva di materiali abrasivi che potrebbero causare l'usura delle piastre dello scambiatore;
- l'acqua dovrebbe avere un contenuto basso o nullo di solidi in soluzione, in quanto la formazione di incrostazioni sulle piastre dello scambiatore riduce la capacità di trasferimento termico e la portata, mentre provoca un aumento della caduta di pressione attraverso gli scambiatori;
- gli scambiatori di calore sono di acciaio con saldature di rame; l'acqua che costituisce la fonte di calore non dovrebbe contenere prodotti chimici che provocano la corrosione dell'acciaio inossidabile o del rame;
- consultare ElectraTherm per ottenere le linee guida complete sulla qualità dell'acqua.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

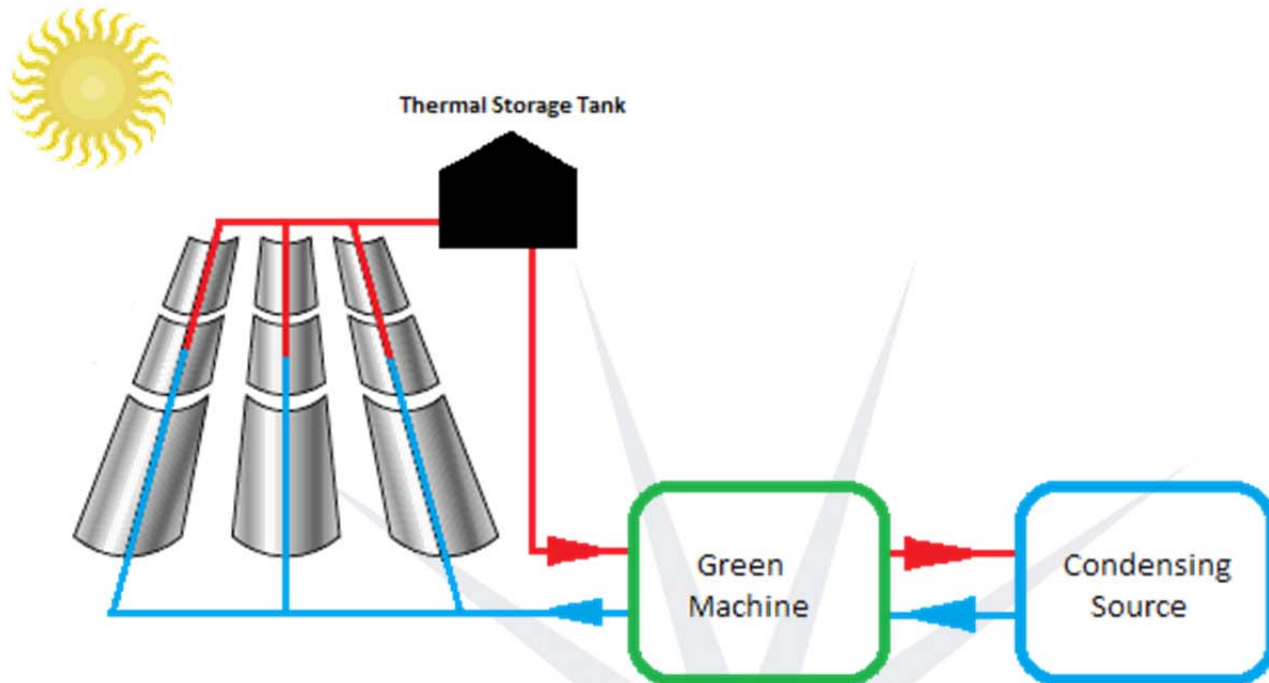
Green Machine Serie 4000

Collegamento di varie fonti di calore a una Green Machine ElectraTherm



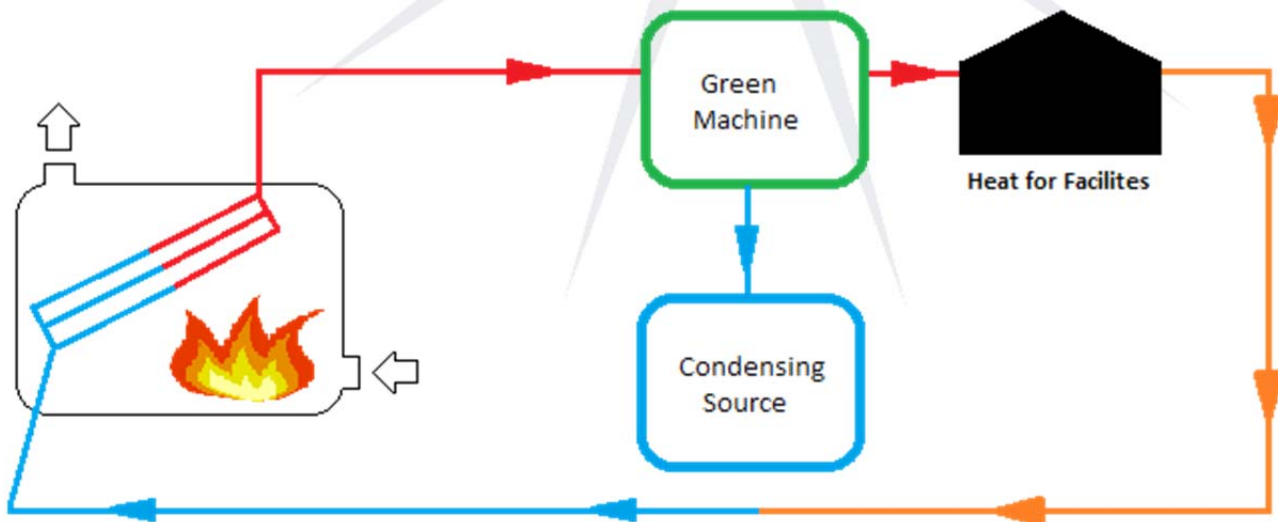
Tutte le applicazioni della Green Machine richiedono che il calore disperso in ingresso sia sotto forma di acqua liquida calda. Gli esempi presentati nelle pagine seguenti sono di natura schematica e dimostrativa e non rappresentano tutte le configurazioni possibili.

Solare termico



Le schiere di collettori solari termici richiedono la capacità di immagazzinare il calore prodotto e sono caratterizzati da un numero limitato di ore di funzionamento, in funzione delle ore di illuminazione giornaliera. Se una schiera di collettori solari termici utilizza un mezzo diverso dalla miscela di acqua e glicole, sarà necessario un sistema di scambio termico.

Caldaie a Biomassa/Biogas



Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

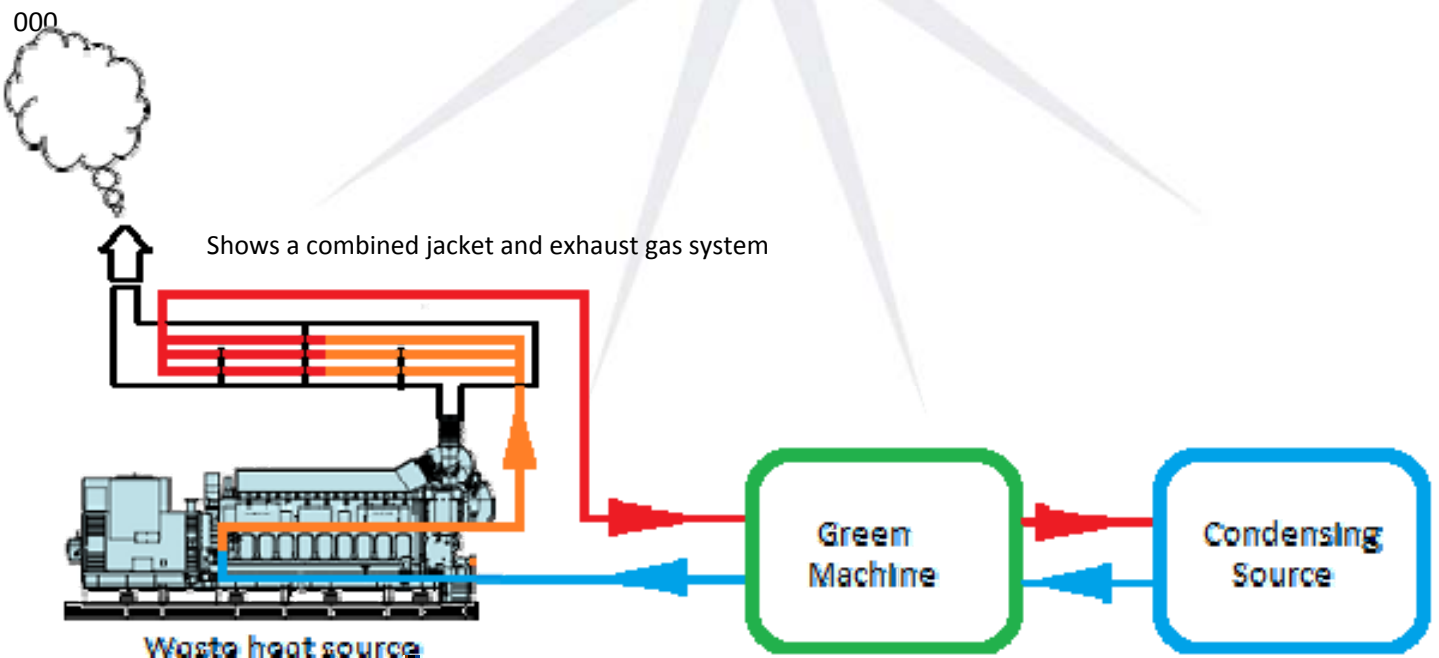
Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Motori a combustione interna (ICE)

Poiché l'efficienza termica della maggior parte dei motori a combustione interna è solo del 30-40%, solo il 30-40% del calore immesso in un motore attraverso il carburante si trasforma in lavoro meccanico, mentre l'altro 60-70% viene rilasciato dal motore sotto forma di calore disperso attraverso la camicia di raffreddamento ad acqua, i gas di scarico e altri circuiti di raffreddamento. Intercettare il calore proveniente dall'acqua del circuito di raffreddamento, dai gas di scarico, o da una combinazione di entrambi, sono opzioni semplici per convertire il calore disperso da un motore a combustione interna in energia elettrica, nonché per soddisfare ulteriori necessità di riscaldamento. Quando i costi del carburante sono alti e il motore a combustione interna viene utilizzato per la produzione di energia elettrica, la Green Machine ElectraTherm ridurrà il costo del carburante permettendo al motore di operare con un minor flusso di carburante in ingresso a pari livello di energia elettrica prodotta, nella misura corrispondente alla produzione energetica della Green Machine. Inoltre installando una Green Machine si riduce il calore scartato attraverso il radiatore. Una riduzione del calore scartato attraverso il radiatore corrisponde a ridurre l'energia elettrica dispersa dal radiatore. Non solo la Green Machine produce energia elettrica dal calore della camicia di raffreddamento, ma la produzione netta effettiva dell'intero motore aumenta a causa del minore carico elettrico richiesto dal radiatore.

Il calore disperso dall'acqua della camicia di raffreddamento del motore si aggiunge al calore disperso attraverso i gas di scarico. Il calore si aggiunge all'acqua nel motore, innalzandone la temperatura. L'acqua riscaldata passa poi attraverso uno scambiatore di calore dei gas di scarico, dove il calore viene trasmesso dai gas di scarico ad alta temperatura all'acqua riscaldata, aumentandone ulteriormente la temperatura. Il calore disperso comprende in questo esempio la Green Machine, il riscaldamento dell'edificio e i carichi del di gestore anaerobico, nonché un radiatore per eliminare il calore in eccesso, se necessario. Lo schema nella pagina seguente illustra il flusso termico della fonte di calore, nel caso di utilizzino sia il calore dell'acqua di raffreddamento sia quello dei gas di scarico.

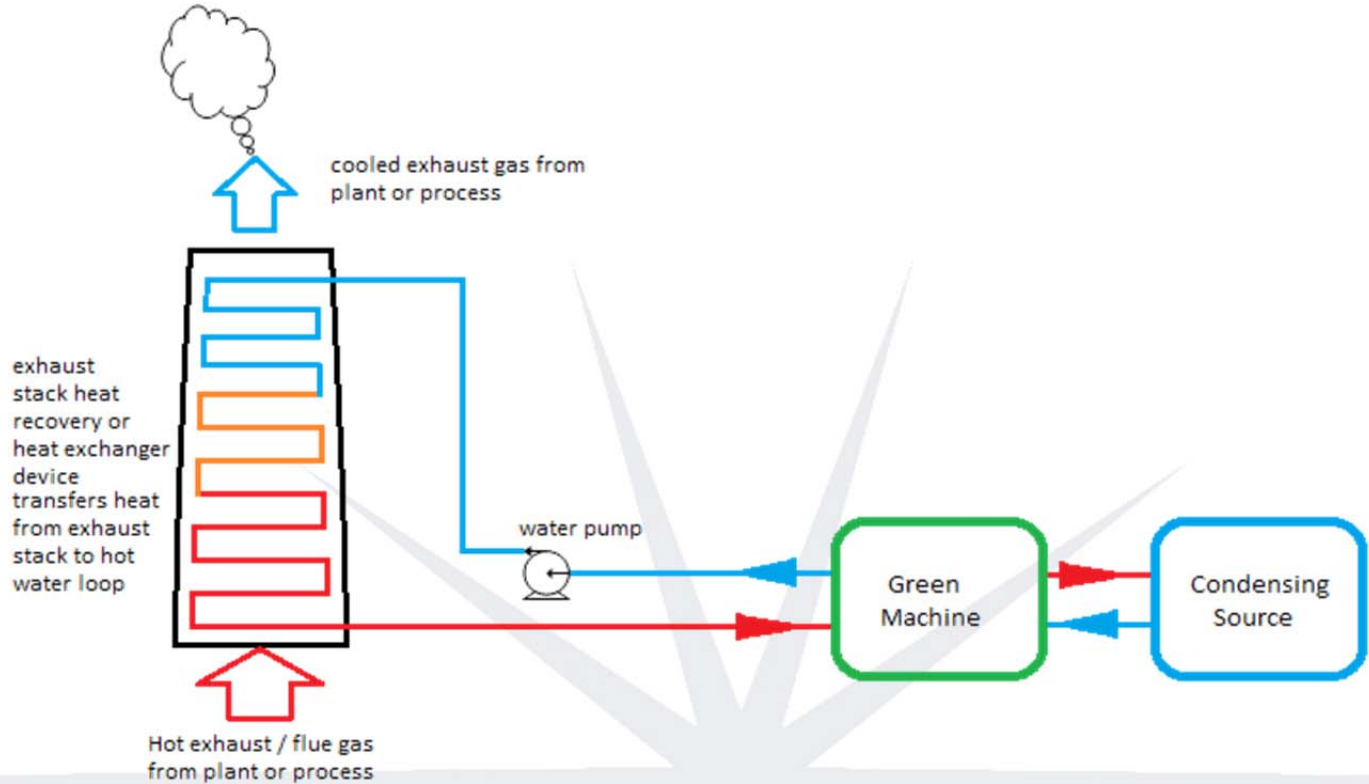


Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Recupero del calore dei gas di scarico



Il recupero del calore dei gas di scarico richiede un apposito scambiatore di calore.

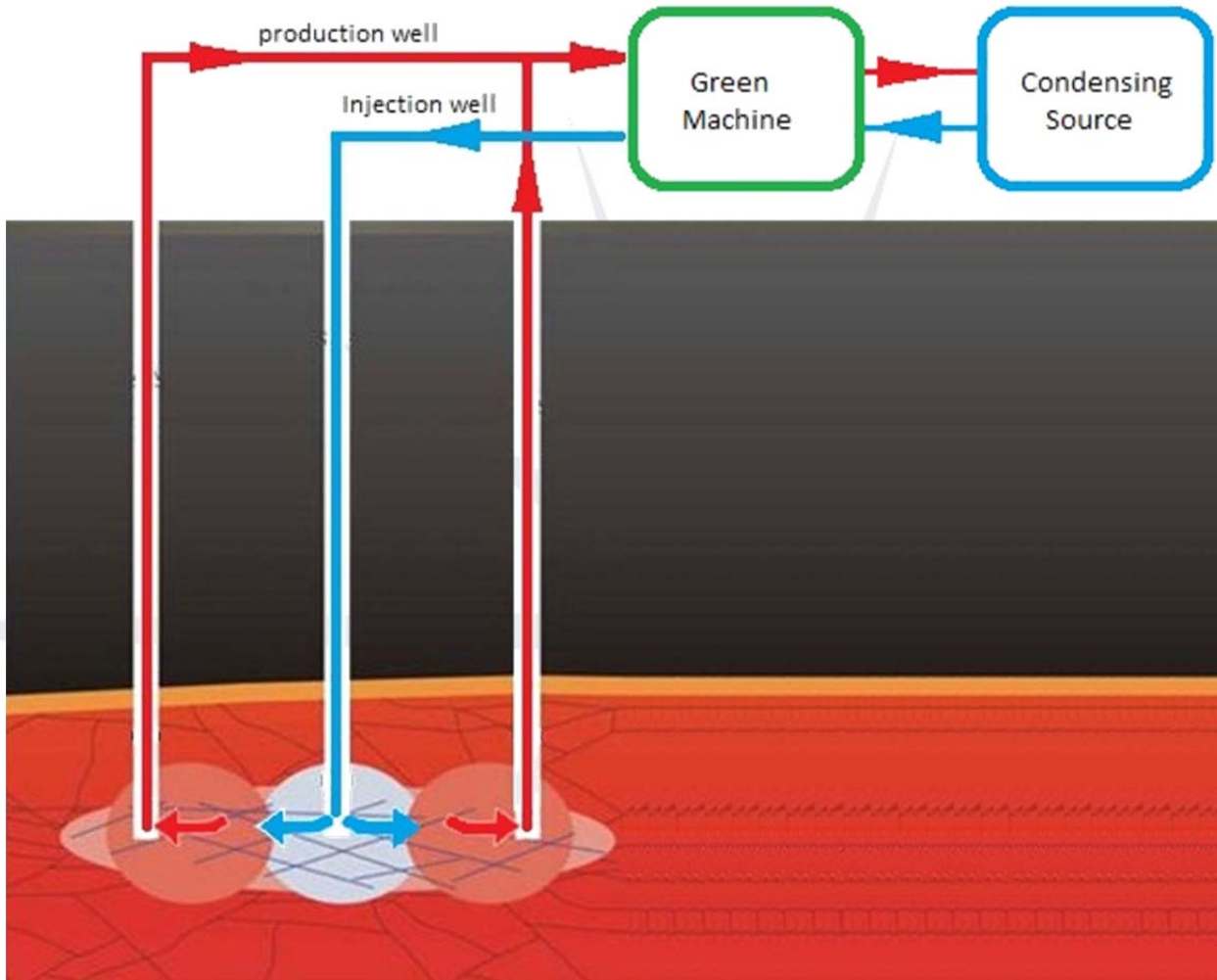
Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Fluidi geotermici e di co-generazione

Molti pozzi petroliferi producono anche acqua calda, come avviene nei siti geotermici. L'acqua calda viene estratta dal sottosuolo, dove viene reimpressa dopo l'estrazione del calore.



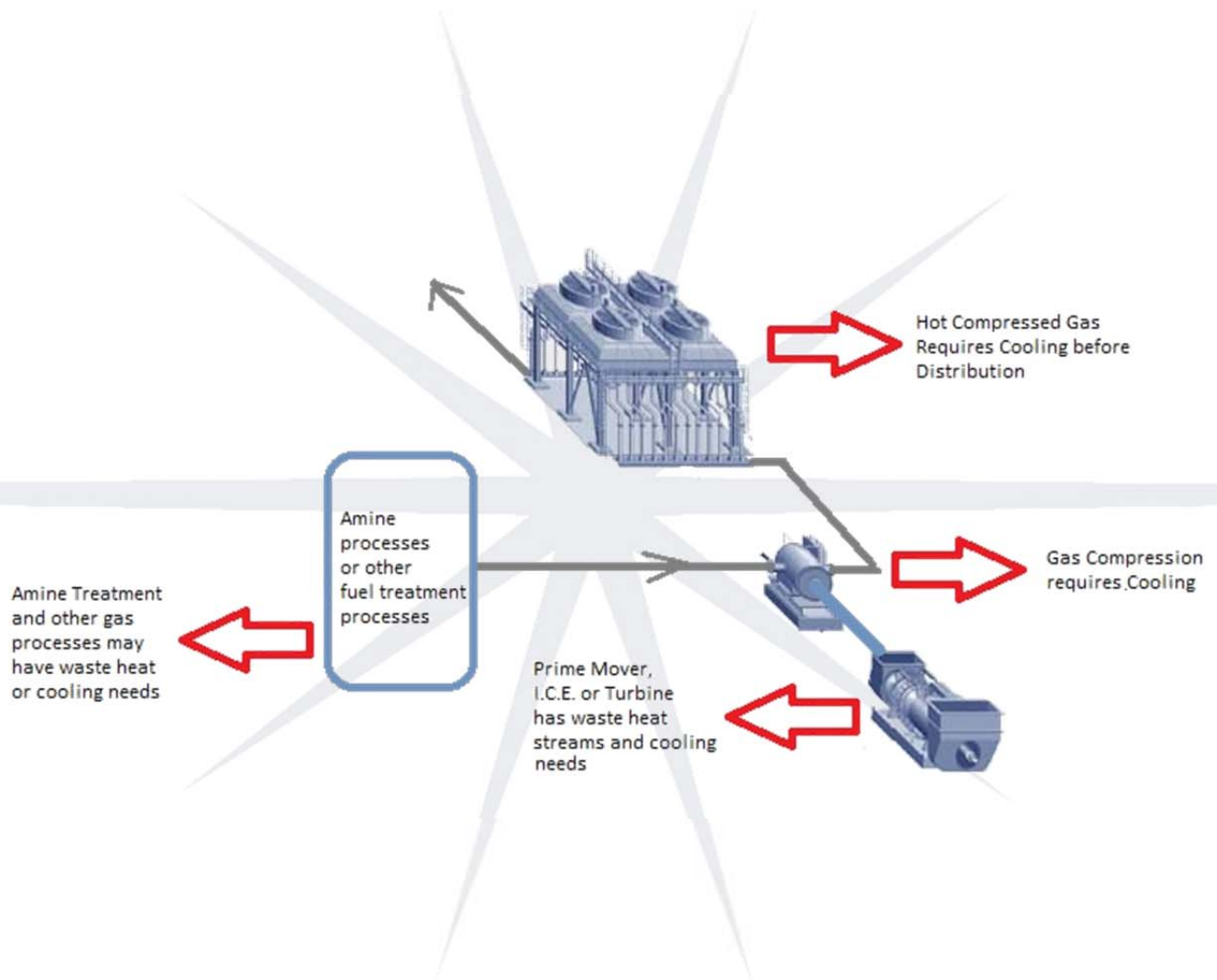
Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Recupero del calore da oli e gas

Il processo di raffinazione, il processo di compressione dei gas e altri processi industriali producono moltissimo calore disperso. Come illustrato nella figura seguente, una tipica stazione di compressione ha molte fonti di calore, alcune delle quali vanno raffreddate, cosicché vi è un duplice beneficio nel generare energia elettrica dal calore riducendo nel contempo i carichi energetici richiesti per il raffreddamento dei sistemi esistenti.



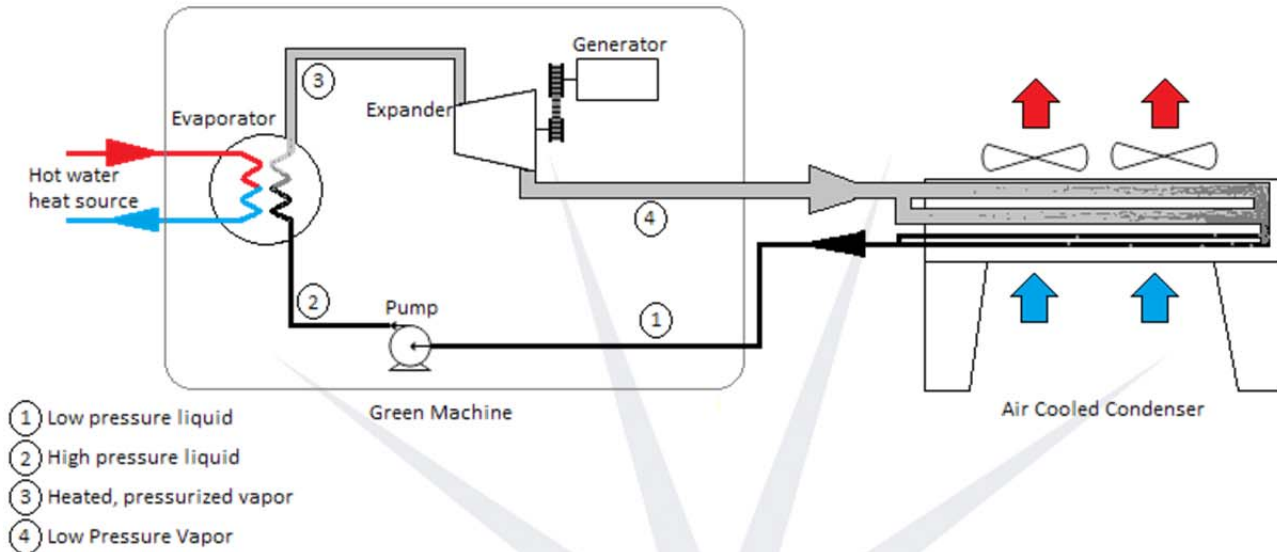
Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Fonti termiche per raffreddamento e condensazione

La Green Machine con un condensatore raffreddato ad aria

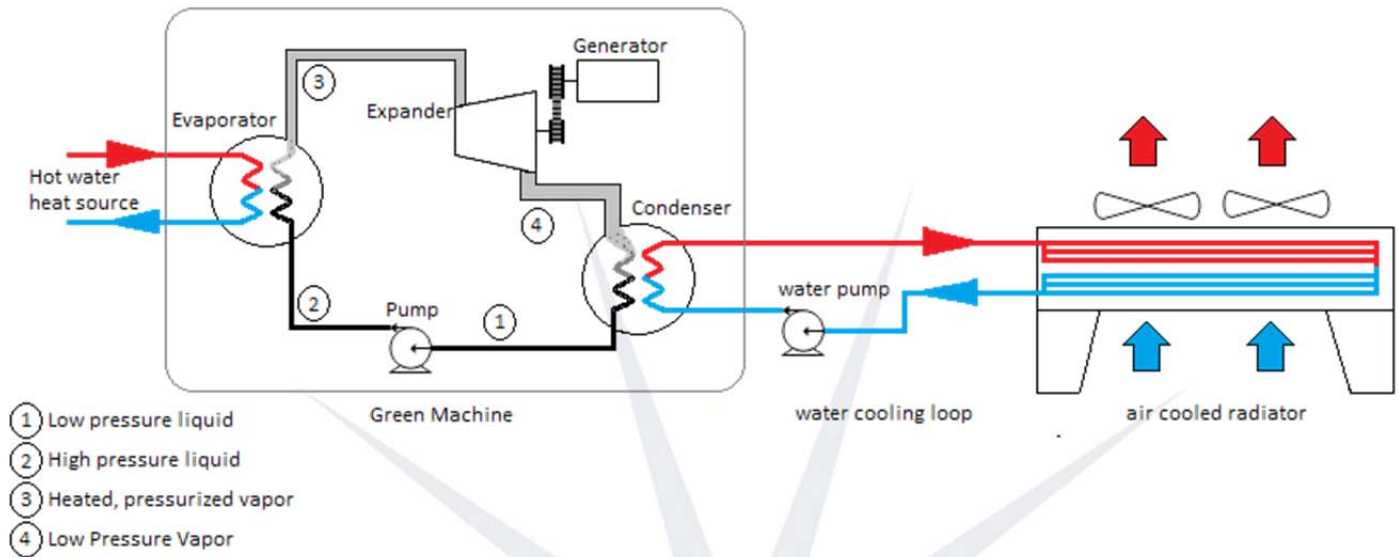


Utilizzando un condensatore raffreddato ad aria, il fluido di lavoro viene fatto condensare all'esterno della Green Machine, in un condensatore raffreddato ad aria. Il calore rimosso dal vapore a bassa pressione (4-1 nello schema riportato qui sopra) viene direttamente disperso in atmosfera attraverso un condensatore raffreddato ad aria. Il condensatore raffreddato ad aria da utilizzare insieme alla Green Machine ElectraTherm è prescritto da ElectraTherm e può essere reperito attraverso ElectraTherm. Sebbene la nomenclatura sia simile, il funzionamento del condensatore della Green Machine è molto diverso rispetto a quello di un tradizionale condensatore raffreddato ad aria.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

La Green Machine con un condensatore raffreddato ad acqua



Utilizzando un condensatore raffreddato ad acqua, il fluido di lavoro condensa nel condensatore posto all'interno della Green Machine. Il calore estratto dal vapore a bassa pressione (4-1 nello schema riportato qui sopra) viene trasferito a un circuito chiuso ad acqua, e il calore in tale circuito viene poi disperso nell'atmosfera attraverso un radiatore raffreddato ad aria o una torre di raffreddamento. I metodi di raffreddamento dell'acqua presentano ognuno molti vantaggi e svantaggi. Di seguito sono elencati alcuni dei principali fattori da prendere in considerazione nella scelta tra torri di raffreddamento e radiatori raffreddati ad aria.

Torri di raffreddamento

In funzione della differenza tra temperatura a bulbo umido e bulbo asciutto, una torre di raffreddamento può in genere offrire migliori prestazioni di raffreddamento rispetto a un radiatore a circuito chiuso. Questo vale soprattutto nei climi secchi. Le torri di raffreddamento hanno un continuo consumo di acqua. L'acqua viene dispersa per evaporazione e per trafileamento dalla ventola di raffreddamento, inoltre è necessario svuotare l'acqua per rimuovere minerali e sostanze solide residue, in quanto non evaporano. L'acqua di condensa va trattata per evitare la crescita di batteri e alghe. È quindi necessario considerare e valutare questi aspetti nel decidere quale sistema di condensazione è più idoneo per ciascuna applicazione.

Radiatori a circuito chiuso

Un radiatore ad acqua a circuito chiuso impiega delle ventole azionate elettricamente per disperdere in atmosfera il calore proveniente dall'acqua. Un radiatore ad acqua a circuito chiuso non dovrebbe consumare acqua nel corso del normale funzionamento.

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

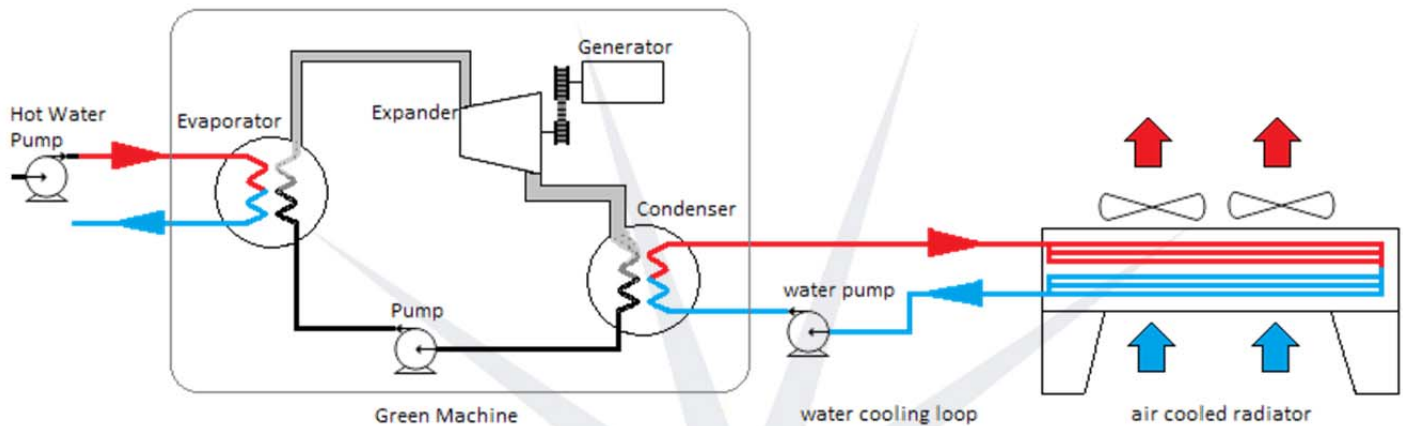
Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Condensatori raffreddati ad acqua

Le unità raffreddate ad acqua usano scambiatori di calore a piastre saldate, simili a quelli utilizzati nel pre-riscaldatore e nell'evaporatore. L'acqua fredda può provenire da varie fonti. Assicurarsi che la qualità dell'acqua sia conforme ai requisiti dichiarati nella sezione relativa alla qualità dell'acqua.

Configurazione della Green Machine con condensatore raffreddato ad acqua



kWe Lordi (Gross kWe) rappresenta la potenza prodotta dal generatore.

kWe consumo della pompa (Internal feed pump parasitic kWe) rappresenta la potenza assorbita dalla pompa di alimentazione della Green Machine.

kWe consumo del condensatore raffreddato ad aria (Air cooled condenser parasitic kWe) rappresenta la potenza assorbita dalle ventole del condensatore raffreddato ad aria.

kWe consumo della pompa per l'acqua (Hot water pump parasitic kWe) rappresenta la potenza assorbita dalla pompa dell'acqua calda (non sempre è necessaria).

kWe consumo pompa raffreddamento acqua (Water cooling loop pump kWe) rappresenta la potenza assorbita dalla pompa di raffreddamento dell'acqua.

kWe netti (Net kWe) indica la potenza prodotta dal generatore (**kWe Lordi**) meno tutti gli altri carichi necessari al funzionamento della Green Machine.

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

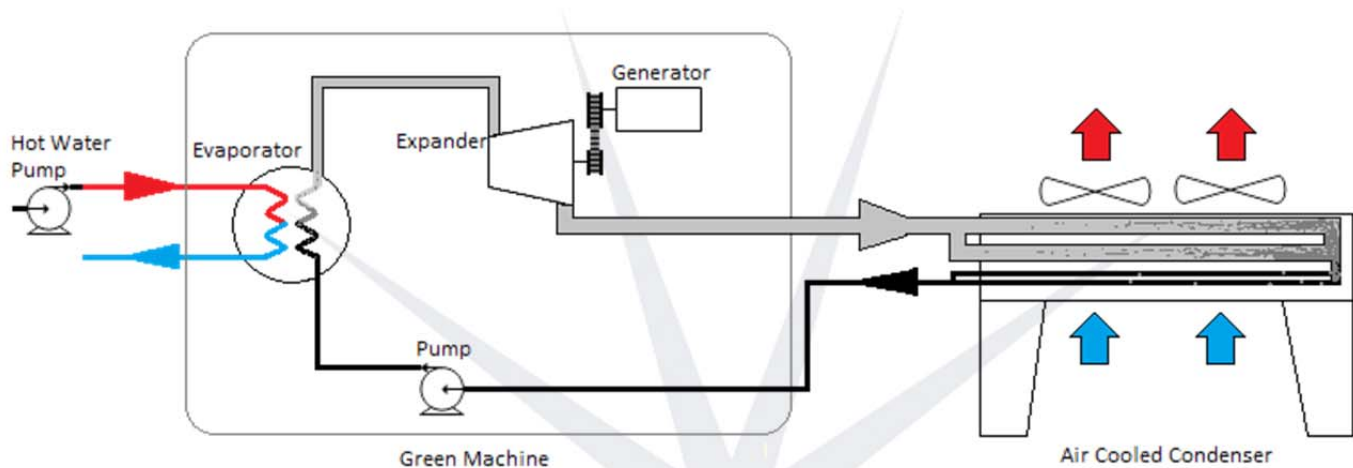
Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Condensatori raffreddati ad aria

Le Macchine Verdi dotate di condensatore raffreddato ad aria sono prive di condensatore raffreddato ad acqua, in quanto il fluido di lavoro viene fatto condensare allo stato liquido per mezzo di un condensatore raffreddato ad aria posto esternamente alla Green Machine.

Configurazione della Green Machine con condensatore raffreddato ad aria



kWe Lordi (Gross kWe) rappresenta la potenza prodotta dal generatore.

kWe consumo della pompa (Internal feed pump parasitic kWe) rappresenta la potenza assorbita dalla pompa di alimentazione della Green Machine.

kWe consumo del condensatore raffreddato ad aria (Air cooled condenser parasitic kWe) rappresenta la potenza assorbita dalle ventole del condensatore raffreddato ad aria.

kWe consumo della pompa per l'acqua (Hot water pump parasitic kWe) rappresenta la potenza assorbita dalla pompa dell'acqua calda (non sempre è necessaria).

kWe netti (Net kWe) indica la potenza prodotta dal generatore (**kWe Lordi**) meno tutti gli altri carichi necessari al funzionamento della Green Machine.

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Aspetti che influenzano le prestazioni del ciclo Rankine organico (ORC) nella Green Machine

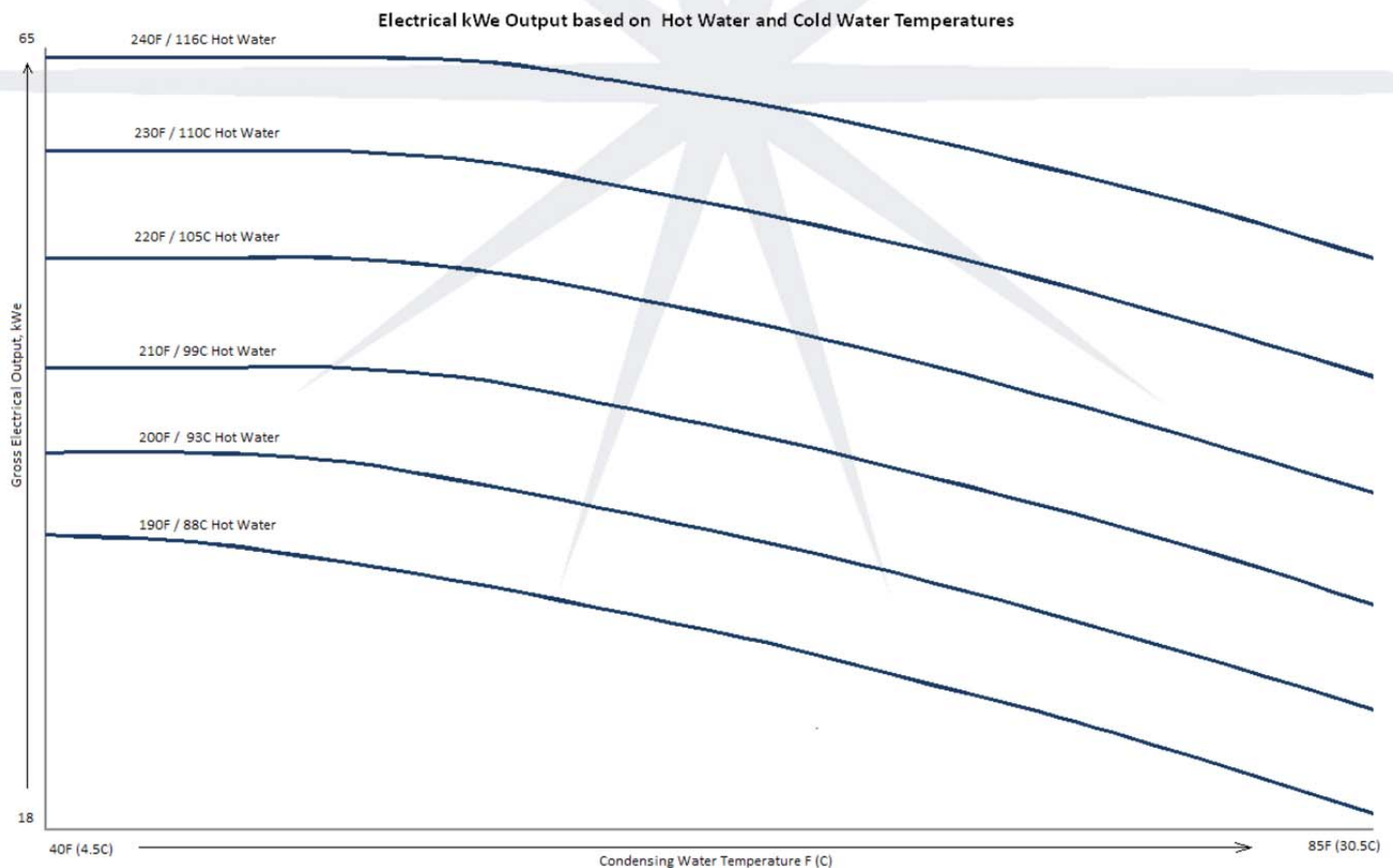
Temperatura di condensazione (Ambiente)

La capacità di condensare il fluido di lavoro dallo stato di vapore a bassa pressione allo stato liquido dipende dalla temperatura ambiente. Quando per condensare il fluido di lavoro viene impiegata dell'acqua, la temperatura di quest'acqua dipende a sua volta dalla temperatura ambiente, in quanto viene raffreddata per mezzo di una torre di raffreddamento o di un radiatore. Quando viene impiegata una Green Machine raffreddata ad aria, si usa direttamente l'aria per far condensare il refrigerante in un condensatore raffreddato ad aria

Temperatura della fonte di acqua calda

Con portate adeguate e una sufficiente disponibilità di calore, la temperatura dell'acqua calda rappresenta il principale agente per massimizzare la quantità di energia elettrica che può essere prodotta dalla Green Machine. Una maggiore temperatura delle fonti di acqua calda permette di produrre una maggiore quantità di energia elettrica, a parità di condizioni di condensazione.

Si vedano nella figura seguente le curve della potenza prodotta in funzione delle temperature dell'acqua calda e dell'acqua fredda.



*Drawing is representative only. Do not scale drawing, or collect data from this graph for performance evaluation

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

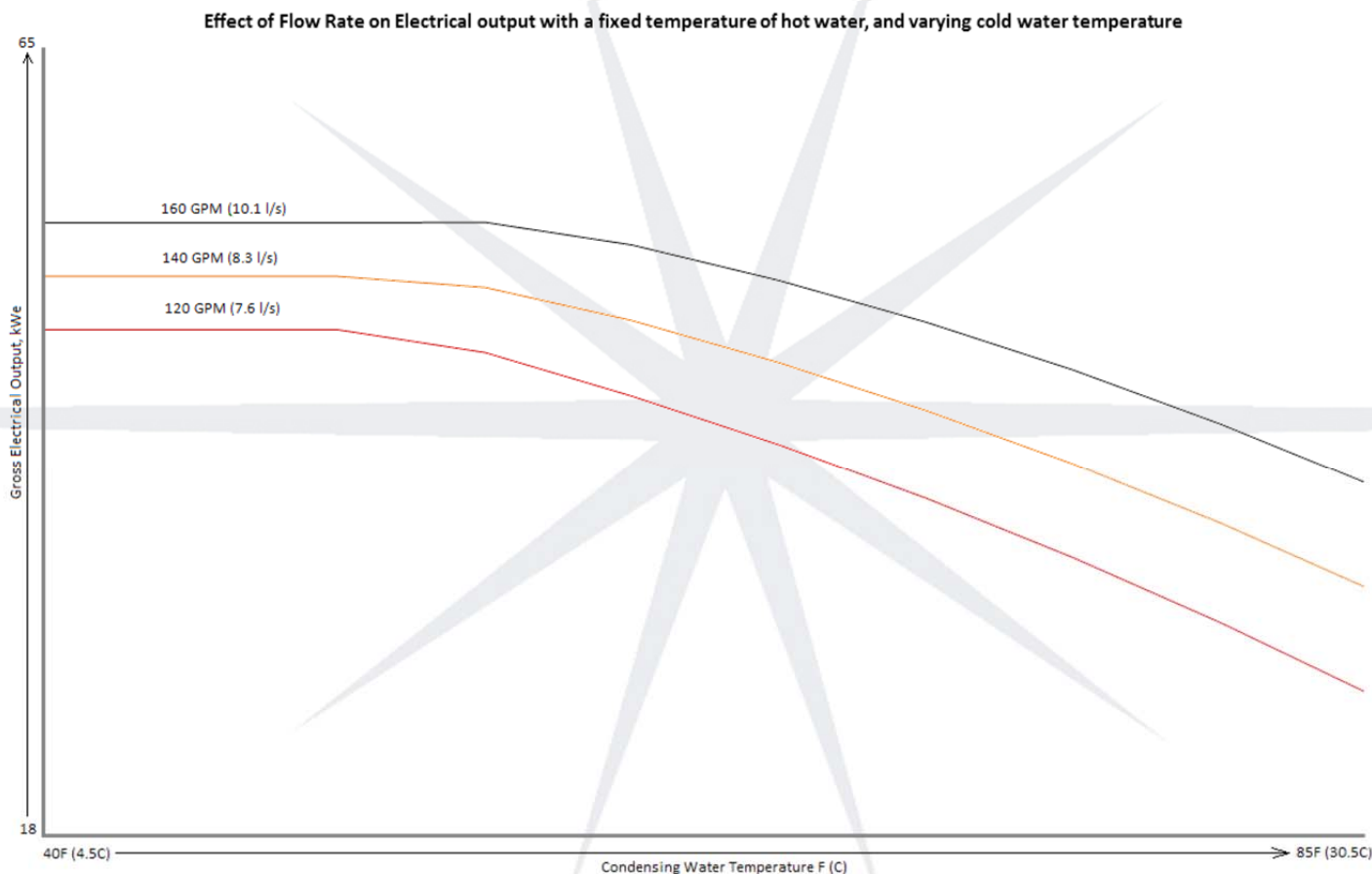
Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Portata delle fonti di acqua calda e fredda

L'evaporatore e lo scambiatore di calore sono progettati per funzionare in modo ottimale con portate di acqua calda comprese tra 7,6 e 12 litri al secondo (120 - 200 GPM). Portate inferiori comportano una minore capacità di trasferimento termico dalla fonte di calore al fluido di lavoro. La potenza in uscita dalla Green Machine diminuisce al calare della portata. La portata richiesta dai condensatori è compresa tra 11,4 e 13,9 l/s (180 – 220 GPM). Le prestazioni degli scambiatori (utilizzati come condensatori) diminuirà al calare della portata di acqua fredda.

Si vedano nella figura seguente le curve della potenza prodotta dalla Green Machine in funzione della portata di acqua calda.



*Drawing is representative only, Do not scale drawing, or collect data from this graph for performance evaluation

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

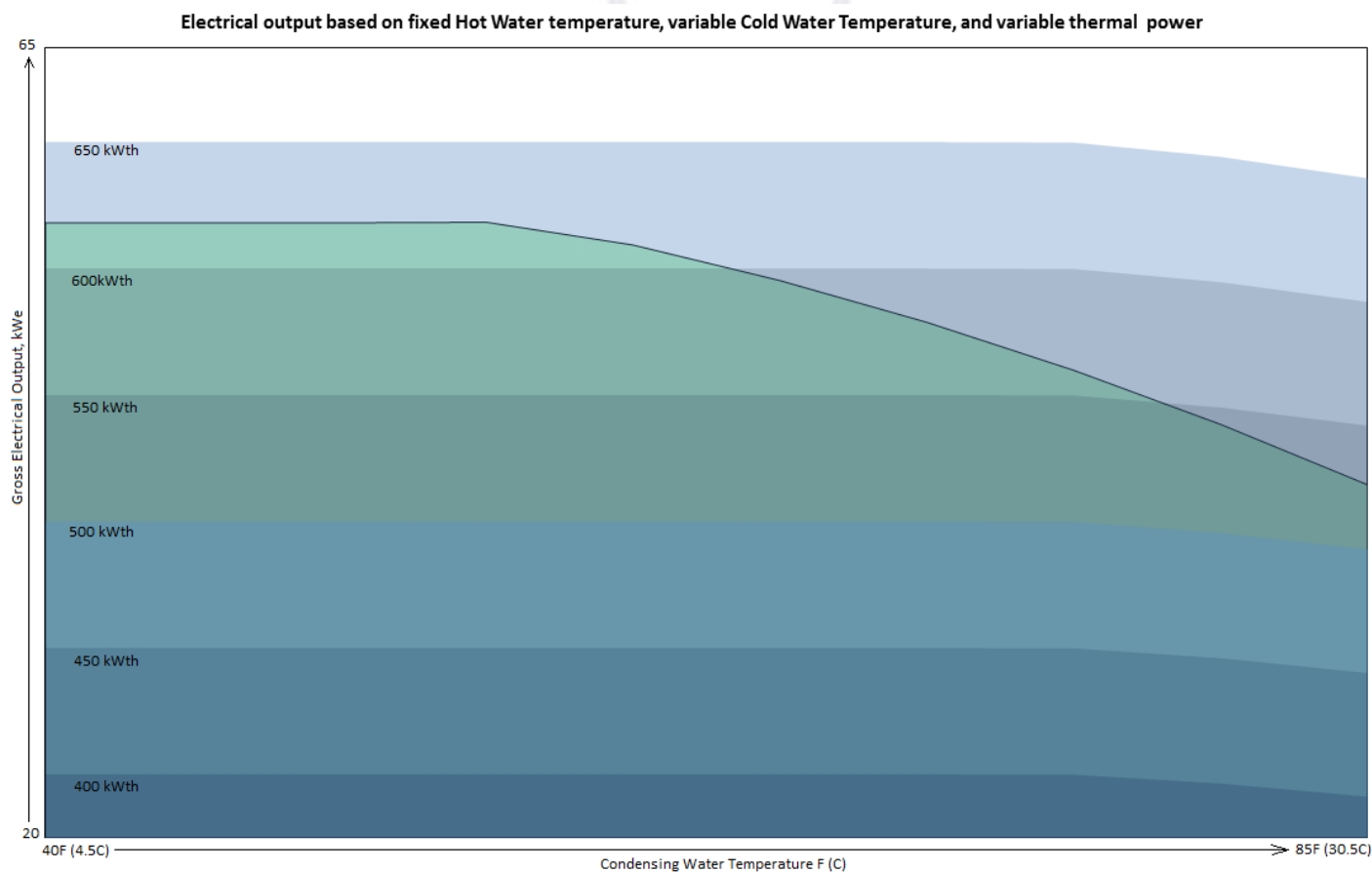
Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Calore disponibile / Potenza termica

La potenza termica disponibile è il tasso di produzione del calore disperso, disponibile per l'utilizzo da parte della Green Machine, espresso in BTU/hr o KWth. La potenza termica disponibile influenza le prestazioni della Green Machine in quanto la Green Machine converte la potenza termica in elettricità. In pratica, meno potenza termica corrisponde a una minore potenza elettrica in uscita.

Dato uno specifico insieme di condizioni in ingresso (portata e temperatura dell'acqua calda e temperatura di condensazione), la Green Machine avrà una specifica "disposizione" a consumare una certa quantità di potenza termica per produrre energia elettrica. Il grafico seguente illustra alcuni esempi della relazione tra produzione di energia elettrica e potenza termica consumata. Nei grafici esemplificativi si utilizzano una temperatura e una portata fissa di acqua calda per dimostrare la relazione.



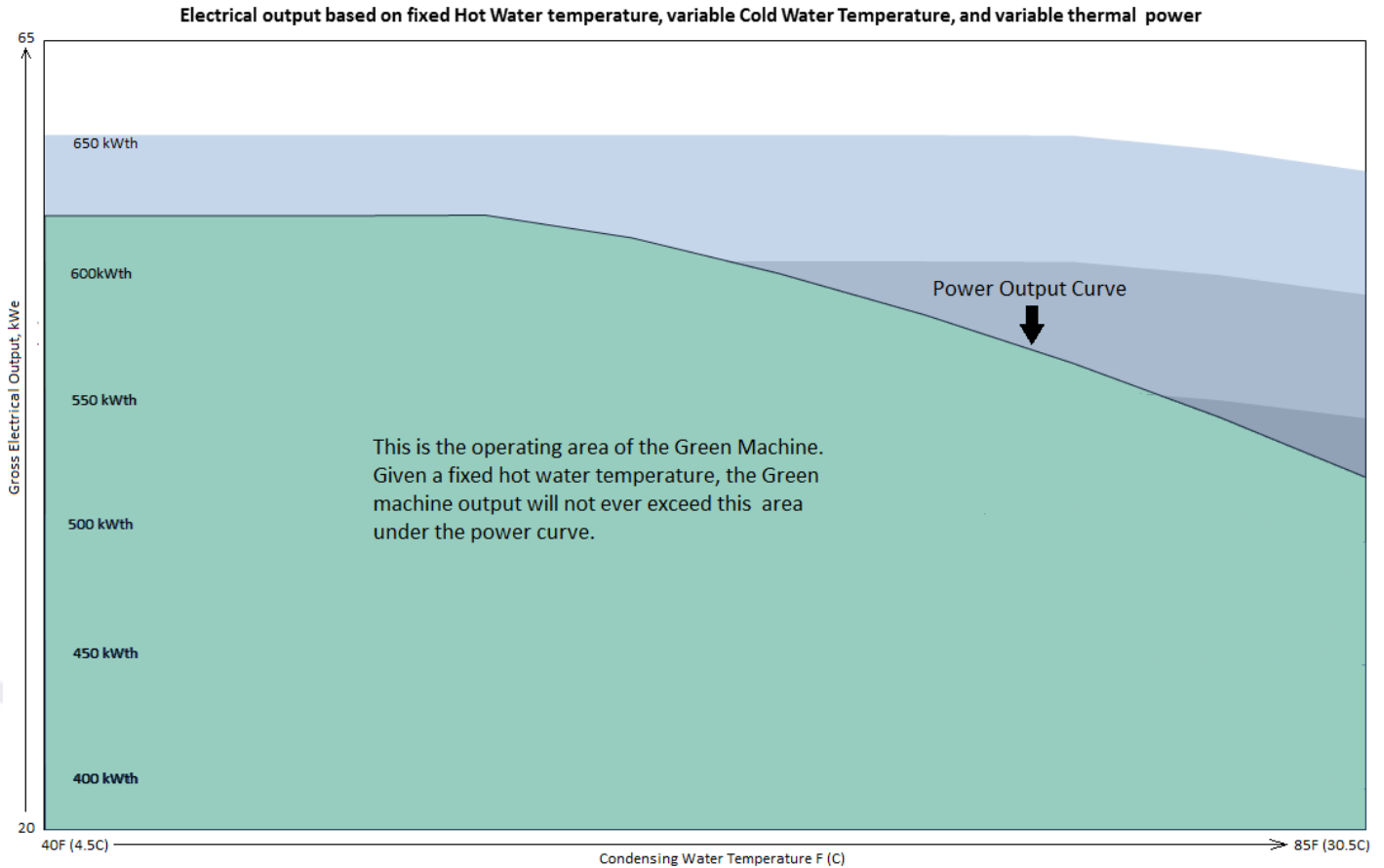
*Drawing is representative only, Do not scale drawing, or collect data from this graph for performance evaluation

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Si faccia riferimento alla figura seguente per la curva di funzionamento per una data temperatura dell'acqua calda.



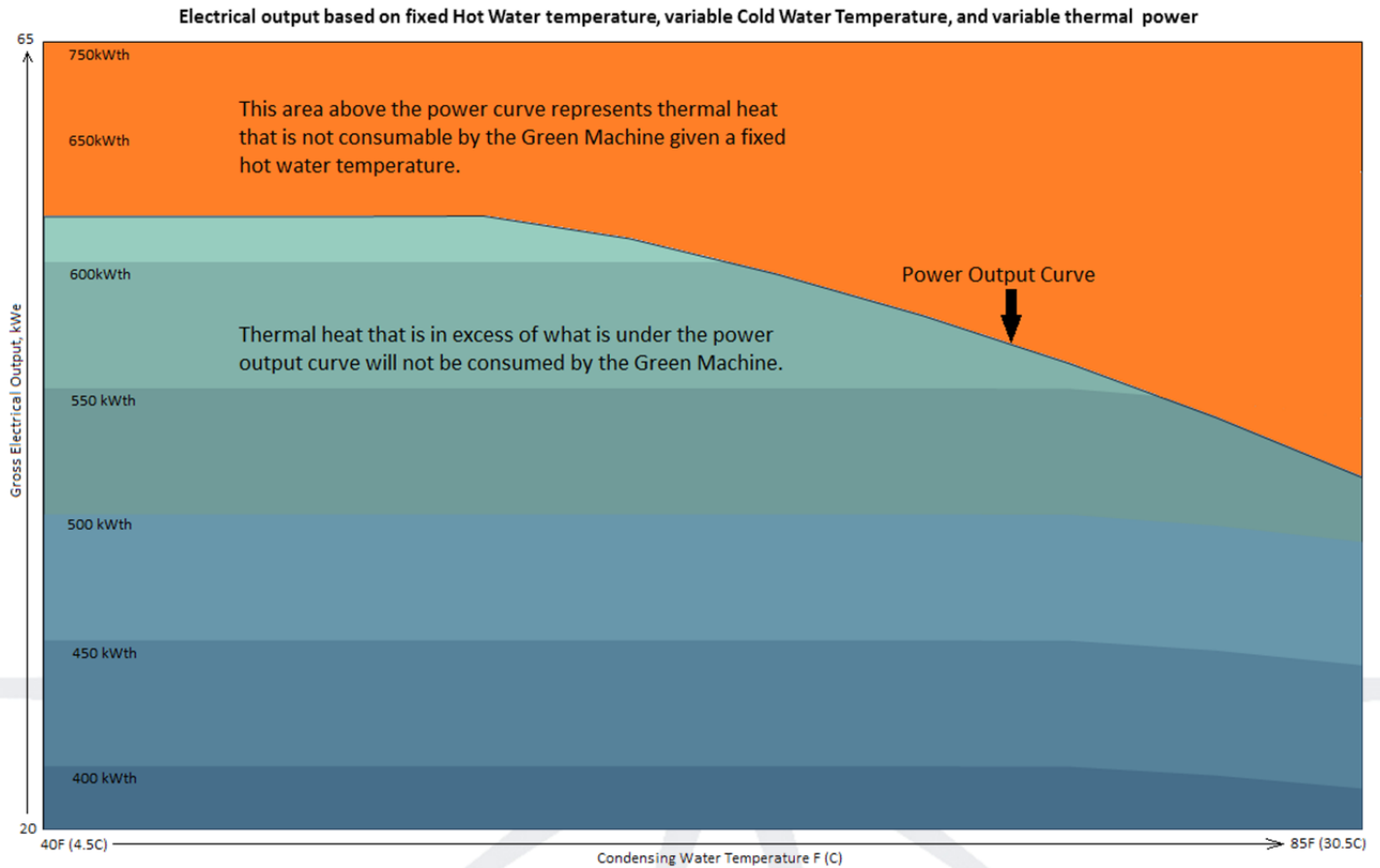
*Drawing is representative only, Do not scale drawing, or collect data from this graph for performance evaluation

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Si veda la figura seguente per i casi in cui è disponibile più calore di quello consumabile dalla Green Machine.



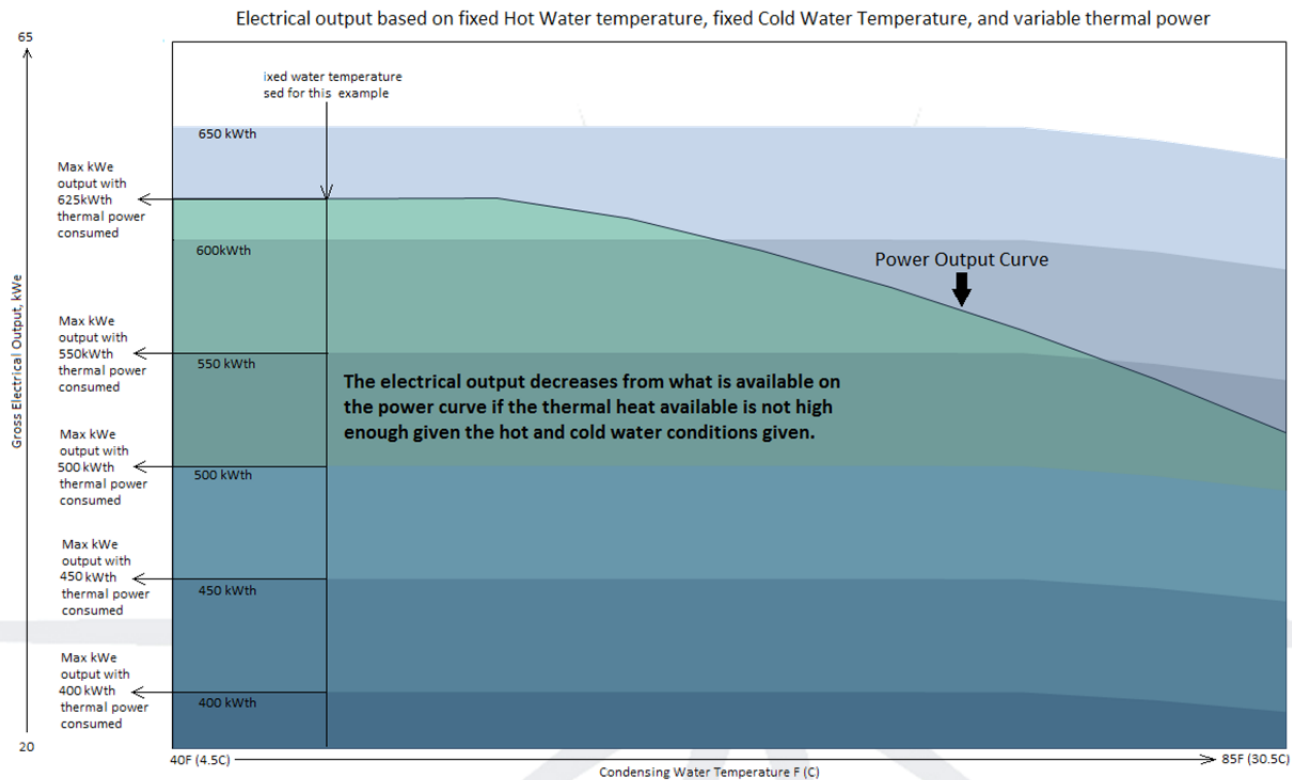
*Drawing is representative only, Do not scale drawing, or collect data from this graph for performance evaluation

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Si veda la figura seguente per le considerazioni sulla potenza elettrica in uscita nelle situazioni in cui la potenza termica disponibile per la Green Machine è inferiore a quella che la Green Machine può consumare in base alle condizioni specifiche dell'acqua calda e fredda.



*Drawing is representative only. Do not scale drawing, or collect data from this graph for performance evaluation.

Delta T (ΔT) del sistema

Il Delta T del sistema rappresenta la differenza tra le temperature delle fonti di acqua calda e di acqua fredda. Il Delta T influenza il rendimento complessivo del sistema ORC. Nei limiti delle risorse a temperatura alta e bassa, nonché del fluido di lavoro stesso, un maggior valore di Delta T consente un maggiore rendimento in un sistema ORC. Il sistema costituito dalla Green Machine pone dei limiti al Delta T, per effetto delle proprietà fisiche dell'acqua allo stato liquido. Si faccia riferimento alla sezione **Green Machine Efficiency** del presente documento per ulteriori informazioni riguardanti il rendimento e il sistema ElectraTherm a ciclo Rankine organico (ORC).

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Calcolo della potenza termica disponibile

I grafici seguenti aiuteranno a valutare la potenza termica disponibile per flussi di calore disperso costituiti solo da acqua (non sono validi per miscele acqua/glicole o per fluidi diversi dall'acqua, come gli oli termici).

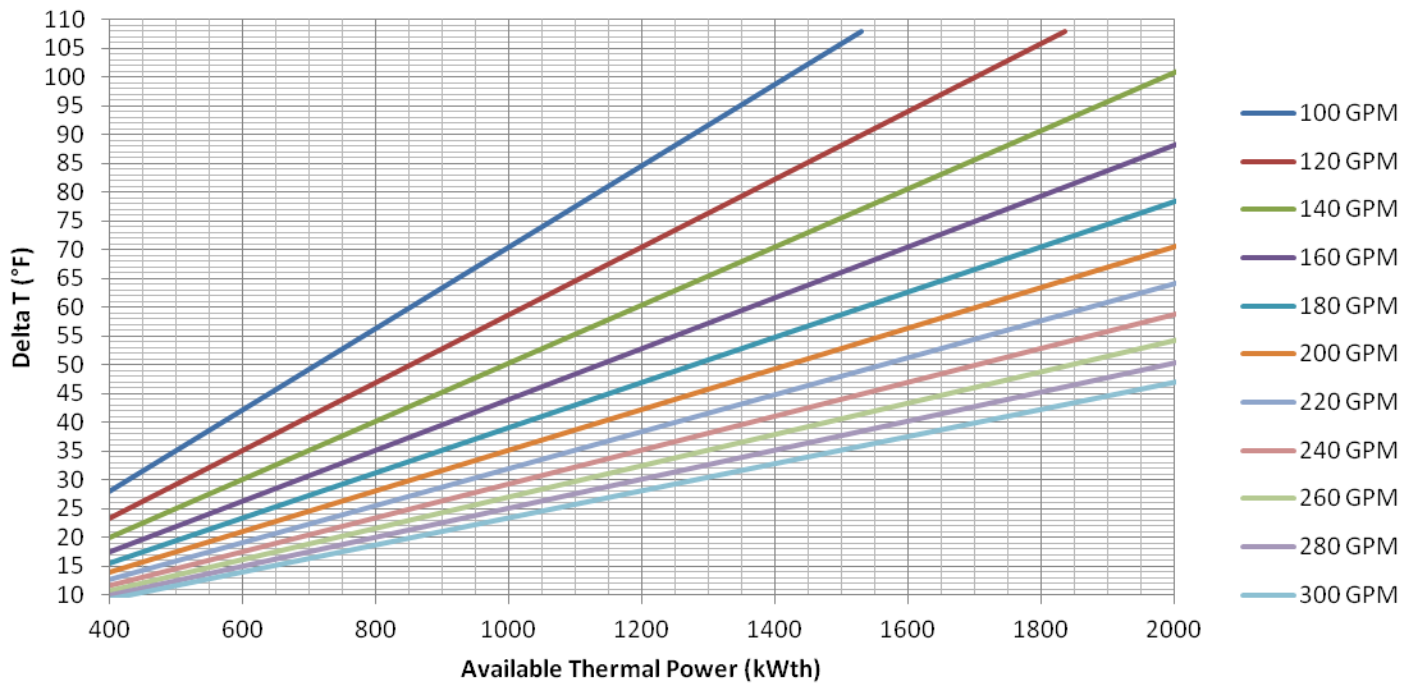
- Calcolo della potenza termica disponibile
- La potenza termica disponibile si calcola usando la portata (espressa come massa) del fluido, le specifiche proprietà termiche del fluido e la differenza di temperatura tra l'acqua calda in uscita dalla fonte di calore e quella più fredda di ritorno (Delta T). Questo non è il Delta T del sistema. Rappresenta invece il Delta T tra l'acqua calda che esce dalla fonte di calore e quella che ritorna alla stessa fonte. Per esempio, un motore a combustione interna con una temperatura dell'acqua calda in uscita dalla camicia di raffreddamento pari a 95°C e una temperatura di ritorno pari a 75°C, con una portata di 7,5 l/s, renderà disponibile una potenza termica di circa 600 kWth. Questo valore si ricava dal grafico incrociando il Delta T tra uscita e ritorno ($95^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C}$) e la linea che corrisponde alla portata di 7,6 l/s.

Si vedano i due grafici alla pagina seguente per la stima della potenza termica applicata a una sorgente di calore disperso costituita da acqua allo stato liquido. Si noti che il calcolo vale solo per acqua pura, non tiene conto dell'eventuale glicole etilenico che potrebbe trovarsi mescolato ad essa.

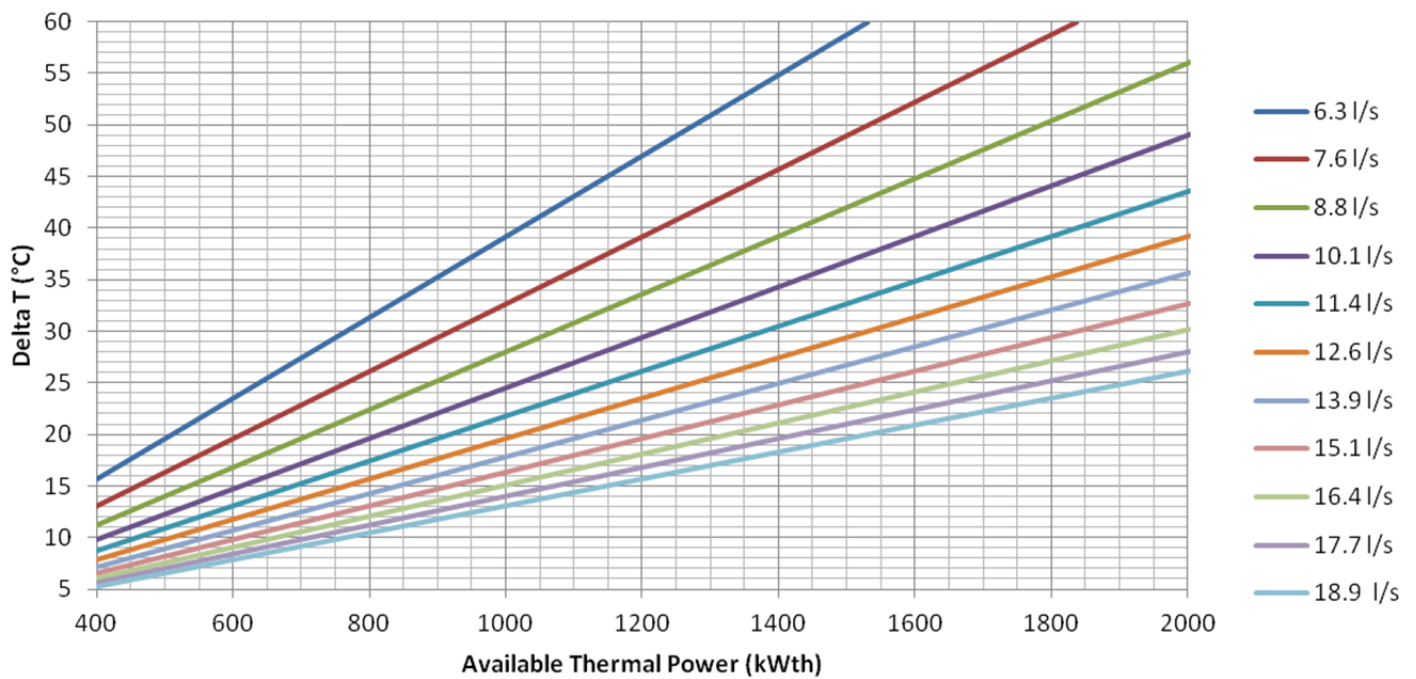
Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Imperial Chart



Metric Chart



Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

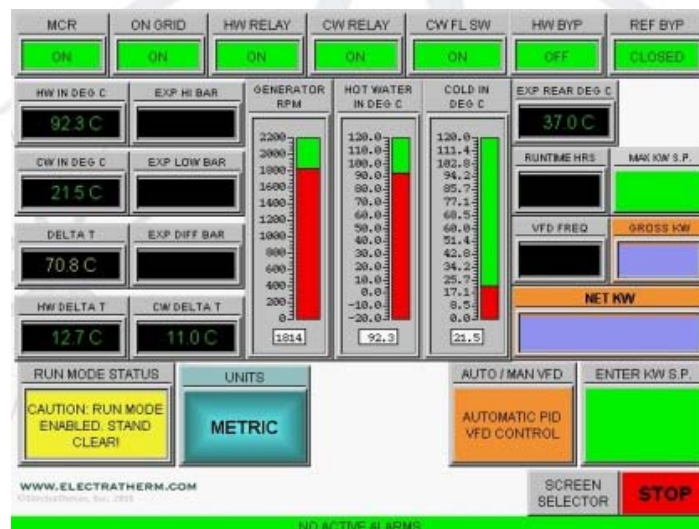
Green Machine Serie 4000

Dal raffreddamento alla produzione di energia grazie alla Green Machine

Non tutto il calore disperso è “gratuito”. Talvolta il calore prodotto nei processi richiede un raffreddamento. Il raffreddamento dei processi costa, in quanto di solito consuma energia elettrica per l’azionamento delle ventole o delle torri di raffreddamento. Se la fonte di calore o il processo che viene raffreddato sono adatti all’applicazione della Green Machine, utilizzandola si avrà un duplice beneficio. Oltre a produrre energia elettrica, la Green Machine ridurrà anche i carichi dovuti al raffreddamento, aumentando la produzione effettiva della Green Machine, in misura ancora maggiore a quella che la Green Machine è in grado di fare da sola. Per esempio, se un motore a combustione interna da 800 kWe produce 500 kWth di calore che viene rimosso grazie a un circuito chiuso di raffreddamento ad acqua, sarà necessario consumare energia elettrica per azionare le ventole di raffreddamento del radiatore che permette di disperdere tale calore. Installando una Green Machine si riduce il calore scartato attraverso il radiatore. Una riduzione del calore scartato attraverso il radiatore corrisponde a ridurre l’energia elettrica dispersa dal radiatore. Non solo la Green Machine produce energia elettrica dal calore della camicia di raffreddamento, ma la produzione netta effettiva dell’intero motore aumenta a causa del minore carico elettrico richiesto dal radiatore. Nell’esempio riportato sopra, se la Green Machine produce 35 kWe di potenza elettrica dall’acqua di raffreddamento contenuta nella camicia della fonte di calore, l’energia elettrica effettivamente prodotta dal sistema aumenta a 40 kW considerando anche il consumo della ventola del radiatore esistente, pari a 5 kW.

Il controllo e la sorveglianza a distanza della Green Machine

Si può controllare la Green Machine sia a distanza che dal pannello LCD sensibile al tocco, posto sul lato anteriore della macchina stessa. La macchina può funzionare in due diverse modalità, automatica e manuale. In modalità automatica l’unità viene avviata e fatta funzionare in automatico. La macchina ottimizzerà automaticamente la potenza in uscita; anche le differenze di temperatura che determinano l’arresto e l’avvio automatico sono predefinite in fabbrica, ma possono essere regolate dalla schermata di impostazione. La modalità manuale è riservata al personale autorizzato e adeguatamente preparato, ed è accessibile solo attraverso una password.



L’accesso alla macchina e il suo controllo sono possibili anche a distanza attraverso una connessione Internet. Tutti i giorni la macchina invierà i dati relativi al suo funzionamento a ElectraTherm, dove essi saranno analizzati per assicurare che il funzionamento avvenga in modo corretto e per aiutare il cliente ad ottimizzare la potenza generata.

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Introduzione ai sistemi ORC ElectraTherm

Green Machine Serie 4000

Domande più frequenti sul generatore a induzione

Cos'è un generatore a induzione?

Dal punto di vista elettrico e meccanico, un generatore a induzione è simile a un motore a induzione. Nel caso della Green Machine, il nostro generatore a induzione si basa su un motore a gabbia di scoiattolo da 70-100 HP (circa 50-75 kW) con alcune ottimizzazioni nella costruzione interna atte ad aumentarne l'efficienza.

Perché ElectraTherm usa un generatore a induzione?

I generatori a induzione presentano significativi vantaggi rispetto ai dispositivi di altro tipo. Come i motori a induzione, essi sono poco costosi, robusti e ben collaudati, non utilizzano spazzole, commutatori, anelli di scorrimento, eccitatori, regolatori, sincronizzatori o altre parti complesse. Il generatore a induzione costituisce una buona soluzione per il volume di potenza generata.

Come funzionano i motori e i generatori a induzione?

Un motore a induzione assorbe potenza quando ruota a velocità inferiori a quella sincrona, mentre a velocità superiori generano potenza. Le tipiche velocità sincrone sono 1500 RPM a 50 Hz e 1800 RPM a 60 Hz. Esattamente a queste velocità, il motore teoricamente non consuma e non genera potenza (si ha in realtà un piccolo consumo a causa dell'attrito e simili). Per raggiungere la piena generazione di potenza, il motore/generatore a induzione deve tipicamente ruotare a meno del 2.5% al di sopra della velocità di sincronismo (di solito 1840 RPM a 60 Hz e 1530 RPM a 50 Hz).

Il generatore a induzione richiede una sincronizzazione?

No. La regolazione della tensione e della frequenza sono assicurate dal collegamento di alimentazione alla rete elettrica. La sincronizzazione è resa inutile perché i generatori a induzione non sono autoeccitati, non sono magnetizzati e non hanno alcuna tensione ai morsetti prima del collegamento alla rete. (Spesso gli utenti confondono i generatori a induzione con i generatori sincroni o gli alternatori, nei quali è presente una tensione indipendente ai morsetti durante la rotazione e richiedono la sincronizzazione prima del collegamento alla rete).

La Green Machine richiede ulteriori protezioni di rete?

In linea di principio non è necessario. Tuttavia al fine di fornire protezioni aggiuntive a quelle già presenti nella Green Machine, gli operatori possono scegliere di aggiungere funzioni di protezione per la rete e per il generatore, come protezioni contro sovracorrenti, sbilanciamenti di fase, e il controllo delle variazioni di tensione e frequenza attraverso un'unità Beckwith o dispositivi simili. I requisiti possono variare a seconda dell'azienda o del Comune; il servizio tecnico ElectraTherm può fornire suggerimenti in caso di requisiti particolari.

Come funziona la Green Machine in rete?

Alla partenza, la pompa di alimentazione della macchina invia il fluido di lavoro (il liquido refrigerante) all'evaporatore, iniziando a pressurizzare il sistema. L'espansore a viti accoppiate ruota, accelerando il generatore. Quando l'unità si avvicina alla velocità di sincronismo, un interruttore si chiude collegando il motore/generatore non eccitato alla linea. Un flusso di corrente inizia a circolare, magnetizzando l'unità (come farebbe avviando normalmente il motore) ma non occorre una corrente di accelerazione rilevante, poiché l'unità è già a regime. All'aumentare della portata del fluido di

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

lavoro, il motore inizia a funzionare come un generatore e la potenza prodotta aumenta gradualmente. La potenza prodotta continua ad aumentare fino a raggiungere il limite imposto dal calore disponibile o dalla massima potenza erogabile dell'unità.

Il funzionamento del generatore oltre la velocità di sincronismo sottopone a particolari sollecitazioni il rotore e i cuscinetti?

No. I nostri generatori sono appositamente realizzati per questo tipo di funzionamento.

L'aumento o la diminuzione della velocità provocano variazioni nella tensione e nella frequenza di uscita?

No. L'unica cosa che varia in modo significativo è la coppia generata (nella modalità di funzionamento come motore) o assorbita (nella modalità di funzionamento come generatore) dal dispositivo. La rete elettrica definisce la regolazione della tensione e della frequenza, mentre il generatore a induzione si limita a seguirle. Questo comportamento differisce da quello di un generatore sincrono (alternatore).

Cosa succede se manca la tensione di rete? Il generatore a induzione funziona isolato dalla rete?

No. La Green Machine non può funzionare come generatore autonomo. In caso di mancanza di rete, l'unità si arresta automaticamente e non può essere avviata finché le condizioni della rete non tornano alla normalità. L'unica possibile eccezione si verifica se nella rete locale è presente una grande capacità (eccesso di potenza reattiva) e i carichi applicati sono inferiori alla potenza prodotta dalla Green Machine. In tal caso l'unità può rimanere accesa per alcuni secondi, finché l'aumento di tensione o frequenza collegata all'evento fa scattare i sistemi interni di sicurezza, iniziando l'arresto. In alternativa, il relè di protezione di rete o del generatore (di cui si consiglia l'installazione) inizia l'arresto non appena i parametri iniziano a variare.

Quali sono i dati in termini di rampa di salita, armoniche, sfarfallamento e fattore di potenza? Quanto è pulita l'energia?

L'elettronica della Green Machine controlla la rampa di salita. La nostra gamma di potenza è molto ridotta (30-65 kW) per un impianto di produzione di energia; molte delle domande che potrete incontrare nei contratti per il collegamento fanno riferimento a impianti di dimensioni molto maggiori e pertanto non sono applicabili.

I generatori a induzione non costituiscono una fonte rilevante di armoniche e la tensione di uscita ha un andamento quasi perfettamente sinusoidale. Non abbiamo mai osservato problemi di sfarfallamento o rumore. Calcolatori e altri apparecchi delicati possono funzionare benissimo alimentati da Macchine Verdi.

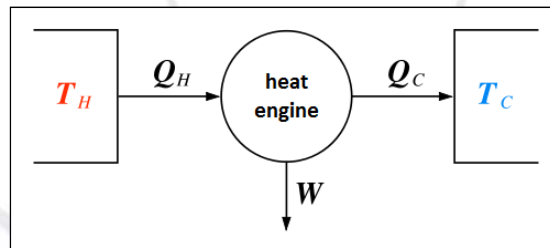
Qual è il fattore di potenza con un generatore a induzione?

Le Macchine Verdi ElectraTherm usano condensatori per la correzione completa del fattore di potenza, al fine di migliorarne il valore intrinsecamente basso, portandolo nel campo compreso tra 0,90 a 1, in funzione del carico. Si vedano le Domande più Frequenti sul fattore di potenza.

Rendimento della Green Machine

Il rendimento della tecnologia ORC è limitato dalle leggi della termodinamica. A causa delle limitazioni dettate dalla fisica e dalla realtà tecnica, il rendimento della conversione dei sistemi ORC a bassa temperatura è piuttosto basso.

Si consideri una macchina termica operante tra una fonte ad alta temperatura (T_H) e una a temperatura inferiore (T_C). Affinché la macchina possa funzionare, il calore (Q) deve passare attraverso di essa. Affinché il calore scorra dalla fonte ad alta temperatura (T_H) verso quella a temperatura inferiore (T_C), deve esistere una differenza di temperatura tra le due. Parte del flusso termico (Q) viene convertito in lavoro utile (W) mentre il resto viene dissipato nella fonte a temperatura inferiore (T_C) come illustrato nella figura seguente:



L'esperienza mostra che tutte le macchine termiche concepibili, indipendentemente dalla loro progettazione, sono soggette al rendimento limite massimo teorico di Carnot (η), definito come:

$$\eta = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

Dove:

W è l'energia che esce dal sistema come lavoro, o, nel nostro caso, elettricità.

Q_H è il calore entrante nel sistema.

T_C è la temperatura assoluta della riserva fredda (la fonte a bassa temperatura).

T_H è la temperatura assoluta della riserva calda (la fonte ad alta temperatura).

Per calcolare il rendimento di Carnot, tutte le temperature sono espresse rispetto allo zero assoluto, cioè bisogna aggiungere 273,15 alle temperature espresse in gradi Celsius per ottenere le temperature assolute (scala Kelvin). Per i gradi Fahrenheit bisogna aggiungere 459,17 per passare alla scala Rankine. Il massimo rendimento teorico unitario (o del 100%) è ottenibile matematicamente se (T_C) è pari allo zero assoluto, o se (T_H) è infinitamente grande. Chiaramente è impossibile ottenere queste condizioni in applicazioni reali.

I valori di temperatura T_H e T_C a cui operano di solito i sistemi ORC a basso livello termico impone rendimenti inferiori rispetto a quelli dei sistemi ad alto livello termico, perché questi ultimi dispongono di un valore di T_H più elevato.

Il rendimento di Carnot è il massimo rendimento assoluto ammesso dalle leggi della fisica per qualsiasi tipo di macchina termica, indipendentemente dalle dimensioni, complessità, costo o tempo di funzionamento.

Questo documento contiene informazioni di riferimento fornite da ElectraTherm, volte alla comprensione del funzionamento elementare e dell'applicazione per l'uso della Green Machine ElectraTherm. Questo documento non va utilizzato per la valutazione delle prestazioni della Green Machine. Per considerazioni sulla valutazione delle prestazioni si veda www.electratherm.com/pef, e si forniscano le informazioni relative al progetto da valutare. Questo documento può essere consegnato solo dal personale ElectraTherm, da un distributore autorizzato ElectraTherm, od ottenuto dal sito Web ElectraTherm dopo aver inserito le proprie informazioni di contatto. È proibita la pubblicazione o la distribuzione di qualsiasi parte del presente documento a persone estranee a ElectraTherm o agli attuali interessati. È fatto divieto di riprodurre e trasmettere questo documento e le sue parti in qualsiasi forma, comprese fotografie e registrazioni, senza il consenso scritto di ElectraTherm, Inc, ottenuto a seguito di una richiesta alla società. È altresì necessario ottenere tale consenso scritto prima di trascrivere qualsiasi parte del presente documento in un sistema di riproduzione di qualsiasi genere.

Prendendo come base il rendimento di Carnot, è la *differenza* di temperatura tra le fonti termiche calda (T_H) e fredda (T_C) che determina il rendimento, tramite l'equazione $1 - T_C/T_H$. Una maggiore differenza di temperatura tra T_H e T_C (ΔT) determina un rendimento maggiore. Il rendimento è dato anche dal rapporto W/Q_H tra il lavoro prodotto in uscita (W) e il calore in ingresso (Q_H).

Rendimento della Green Machine

Il rendimento della Green Machine può sembrare basso, ma quando il calore viene disperso, come avviene nelle camicie di raffreddamento dei motori o nei fumi di scarico di un forno, **l'efficienza termica in mancanza di una Green Machine è zero**. In molti casi, questo calore disperso viene rilasciato nell'ambiente esterno, il che rende preziosa e utile la conversione in energia elettrica anche di una piccola quantità di tale calore disperso.

Ci sono modi per aumentare il rendimento di un sistema ORC?

Ci sono metodi indiretti per aumentare l'efficienza. In pratica, l'aumento dell'efficienza di un sistema ORC verrà a costare più del valore monetario dell'energia aggiuntiva prodotta. Tuttavia ci sono molti modi per aumentare l'efficienza del sistema nel suo complesso, con modalità che non sono facilmente riconoscibili esaminando solo il sistema ORC.

Massimizzazione del rendimento aumentando il Delta T totale: $T(\Delta T) = T_H - T_C$.

Maggiore è questo numero, maggiore sarà il rendimento. Di solito è difficile diminuire T_C , in quanto dipende da fattori ambientali come la temperatura dell'aria, le temperature del corpo raffreddante, eccetera. D'altra parte è spesso possibile regolare T_H . Tecniche come l'applicazione di scambiatori di calore sui gas di scarico dei motori, modifiche al termostato dei radiatore, la pressurizzazione di una caldaia per l'acqua o l'isolamento dei tubi possono portare ad un aumento della temperatura T_H .

Riutilizzo del calore di condensazione (Q_C), , in quanto oltre il 90% del calore originale (Q_H) finisce qui.

Non esiste alcuna legge fisica per cui questo calore debba essere disperso, deve solo essere utilizzato a una temperatura inferiore, per effetto del lavoro compiuto nel sistema ORC. Numerose applicazioni "in cascata" sono adatte a sfruttare il calore a bassa temperatura. Questi utilizzi, resi possibili dal calore "gratuito" disperso dal sistema ORC, possono essere messi in relazione con il risparmio dei costi di riscaldamento.

Esempi di utilizzi “in cascata” per il calore di condensazione prodotto dalla Green Machine fino a 49°C (120°F):

- Riscaldamento dei digestori per impianti a biogas e/o trattamento di acque reflue agricole;
- Essiccazione di biomasse;
- Pre-riscaldamento dell'aria da utilizzare nei sistemi di ventilazione degli edifici;
- Riscaldamento radiante a pavimento;
- Riscaldamento dell'acqua nelle piscine;
- Pre-riscaldamento di acqua calda domestica;
- Scioglimento del ghiaccio sul fondo stradale;
- Riscaldamento per allevamento di bestiame e altri usi agricoli;
- Allevamenti ittici con specie tropicali (per esempio tilapia e persico trota);
- Pre-riscaldamento dell'acqua di alimentazione di caldaie.