

# MICROSISTEMI PER LA PRODUZIONE INTEGRATA DI ENERGIA ELETTRICA DI ELEVATA QUALITÀ, IMPIEGANDO FONTI RINNOVABILI, CONVERTITORI AD ALTO RENDIMENTO E PROCESSI DI RECUPERO ED ACCUMULO

V.Vitali<sup>°</sup>, S. Zanarini<sup>°</sup>

<sup>°</sup> Ing. V. Vitali, ing. S. Zanarini; Elettronica Santerno, via Di Vittorio,3  
40020 Casalfiumanese (BO); salesntd@elettronicasanterno.it

## SOMMARIO

Il problema della fornitura di energia elettrica è sempre di attualità in tutto il mondo. Vi sono ricerche tese a trovare nuove fonti energetiche, ricerche connesse con l'immagazzinamento dell'energia, ricerche che si propongono migliori rendimenti nelle trasformazioni. In particolare è sempre di attualità la ricerca sulle modalità d'impiego delle fonti rinnovabili.

Contemporaneamente si fanno più pressanti le richieste di affidabilità della fornitura, la cosiddetta "qualità" dell'energia elettrica, mentre un problema nuovo, ma di notevoli conseguenze, è dato dalle crescenti difficoltà che si incontrano se si vogliono realizzare linee per trasportare l'energia a distanza.

L'Elettronica Santerno, come risultato delle proprie ricerche, ha realizzato sistemi che danno soluzione ad alcuni dei problemi predetti: l'uso integrato di molte fonti energetiche tra cui quelle rinnovabili, un immagazzinamento ad idrogeno, la possibilità di una generazione distribuita che affranca dai problemi del trasporto.

La parte più innovativa dei sistemi realizzati è il risultato di una ampia ed innovativa applicazione della tecnologia elettronica alla gestione dei sistemi energetici.

## 1 INTRODUZIONE

Tralasciando i grandi argomenti connessi con la ricerca di nuove fonti di energia si possono individuare alcuni temi di costante attualità in campo energetico. Tipicamente si possono individuare un più elevato rendimento nelle trasformazioni che sono necessarie per la generazione della energia elettrica, l'uso di fonti rinnovabili, l'accumulo dell'energia e la "qualità" della energia elettrica fornita all'utente.

Non è facile immaginare di ottenere significativi risultati nella ricerca di più elevati rendimenti nelle trasformazioni termodinamiche ed elettromeccaniche: un risultato complessivamente molto interessante si può tuttavia ottenere utilizzando, cioè non semplicemente disperdendo, il calore che si sviluppa nelle trasformazioni, dando luogo al processo detto della cogenerazione; ed importanti risultati si pensa di ottenere dalla trasformazione diretta attuata dalle celle a combustibile.

Molto si è fatto anche nel settore delle fonti rinnovabili ma resta sempre il problema della discontinuità della fornitura.

Nel campo dell'accumulo elettrochimico proseguono gli studi tendenti a creare batterie sia con maggiori energia e potenza specifiche sia in grado di garantire cariche più veloci, così da consentire anche l'immagazzinamento di energia recuperabile (si pensi alle frenate ed alla marcia in discesa nelle auto elettriche), sia più elevati numeri di cicli di carica e scarica; oggi la tecnologia delle celle a combustibile fa apparire molto promettente anche l'accumulo attuato con idrogeno.

Per ciò che concerne la cosiddetta qualità della energia elettrica, si registra una richiesta pressante di continuità nella fornitura, di stabilità della tensione, di massima riduzione del contenuto armonico, di controllo (nelle grosse forniture) del

fattore di potenza.

La crescente difficoltà ad ottenere dalle amministrazioni locali il permesso di installare elettrodotti pone anche il problema di una generazione diffusa dell'energia elettrica, una generazione, cioè, che non richieda trasporto a distanza.

Nella presente memoria la società Elettronica Santerno di Casalfiumanese, appartenente al Gruppo Busi Impianti, intende mostrare i risultati di una lunga ed intensa attività di ricerca applicata che, partendo dalla partecipazione al progetto finalizzato Energetica del CNR, attraverso opportune collaborazioni ed esperienze, ha portato anche a concepire e realizzare sistemi di generazione di energia elettrica di varie taglie dove, applicando tecniche elettroniche appositamente studiate e messe in opera, si propone una soluzione al complesso dei problemi su esposti che si ritiene originale, interessante, capace di dare, quindi, un contributo significativo ed immediato al soddisfacimento delle richieste di energia nel rispetto di molte delle condizioni che oggi vengono poste. Questi sistemi, messi a punto come prototipi, sono ora pronti per divenire oggetto di produzione industriale avendo raggiunto un soddisfacente grado di industrializzazione e di affidabilità.

## 2 LE SOLUZIONI PROPOSTE

Le soluzioni impiantistiche messe a punto appartengono al tipo della cosiddetta "generazione diffusa" e sono tre: la prima riguarda una centrale elettrica di potenza variabile, del tipo definito "stand alone/grid connected", adatta a fornire energia elettrica ad edifici singoli o condomini ma, volendo, anche a opifici; la seconda riguarda un sistema di generazione sempre "stand alone/grid connected", ma assai più complesso, basato sull'accumulo ad idrogeno prodotto tramite energie rinnovabili

e generazione dell'energia elettrica con celle a combustibile; la terza riguarda una centrale di cogenerazione funzionante a gas naturale, che può a sua volta gestire l'eventuale black-out della rete.

## 2.1 Il sistema ALADIN 2000

Nella Figura 1 è riportato lo schema del primo dei tre

2) congiuntamente tramite le fonti rinnovabili e la rete.

Il "cervello" elettronico porta il livello della tensione generato dalle fonti rinnovabili ai valori voluti; un inverter trasforma la continua in alternata ed alimenta l'utenza.

Sono presenti anche un sistema di accumulo a batteria, utilizzato durante i transitori di commutazione da "stand alone" a "grid connected" e viceversa, un gruppo elettrogeno, da utilizzare in mancanza di rete e di energie rinnovabili e

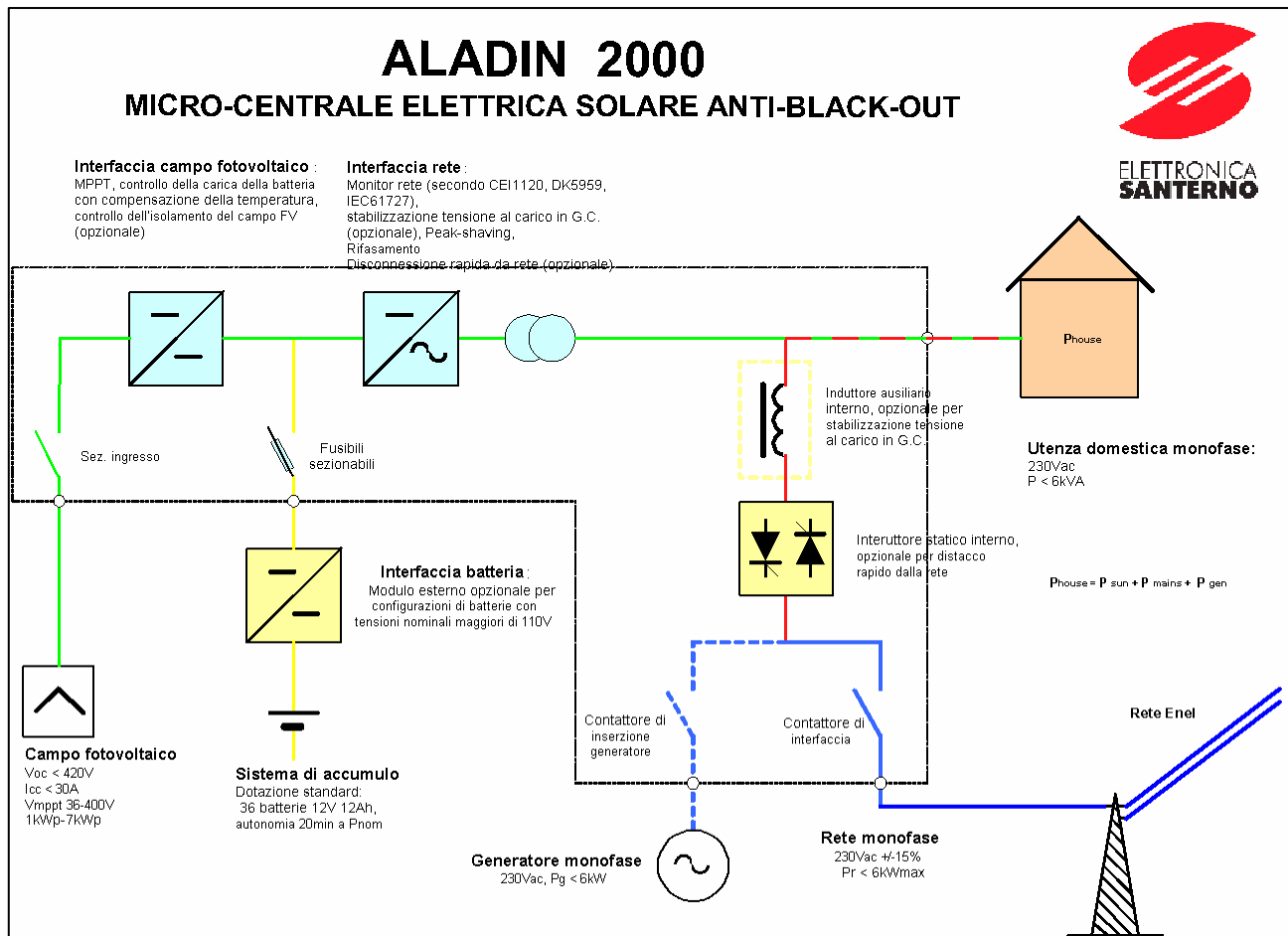


Figura 1: Il sistema ALADIN 2000

sistemi di generazione suestposti.

Obiettivo del sistema è sostanzialmente, la fornitura di energia elettrica impiegando fonti rinnovabili e la rete; la fornitura ha luogo secondo gli standard parametrici usuali e riguarda utenti che richiedono una potenza che può giungere fino a 9 kW in modalità monofase, fino a 40-50 kW in modalità trifase, tipicamente per edifici di abitazione singoli o gruppi di essi. Per la versione monofase, gli organi di comando e controllo sono contenuti in un involucro compatto a forma di parallelepipedo alto 140 cm e con base 40x40 cm, quindi di volume molto modesto, di facile ubicazione in un contesto domestico o condominiale. Per le potenze superiori ai 50 kW (si può raggiungere e superare il MW) normalmente si fa ricorso a progettazioni specifiche, mirate alle esigenze di gestione dell'utenza.

Le modalità di funzionamento in sostanza sono due.

L'utente può essere alimentato:

1) tramite il campo fotovoltaico come riportato in figura (ma nulla vieta di utilizzare un generatore eolico o di altre energie rinnovabili)

l'allacciamento alla rete. Ciò significa che il sistema può funzionare "stand alone" alimentando il carico con il sistema fotovoltaico, utilizzando, se necessario, le batterie caricate proprio dal generatore fotovoltaico ed, eventualmente, in caso di necessità, tramite il gruppo elettrogeno.

Nel funzionamento "grid connected" la macchina fornisce all'utenza, per il tempo necessario, la potenza richiesta in eccesso (punte di carico) rispetto a quanto previsto dal contratto sottoscritto con l'ente che gestisce la rete o, comunque, in caso di insufficienza della stessa rete. E' importante precisare che la fornitura è sempre tenuta sotto controllo nel senso di garantire una stabilità all'1% alla tensione per correnti fino a 1,5 volte quella nominale; il contenuto armonico è tenuto entro il livello ammesso dalle norme, grazie ad un processo di compensazione delle armoniche; il carico può essere costantemente rifasato.

E' possibile gestire il prelievo di potenza dalla rete in funzione delle fasce orarie, in modo da ottimizzare i costi, indipendentemente dalla distribuzione dei carichi.

Le microinterruzioni di tensione in caso di caduta della



elettrogeno che si può comunque ritenere presente così come un sistema a batteria del tipo visto in precedenza.

Il fatto nuovo consiste nella presenza di una cella a combustibile (fuel cell) e nell'immagazzinamento della energia sotto forma di idrogeno che rende il sistema particolarmente adatto a funzionare "stand alone". Le fonti di energia sono rinnovabili, eolica e fotovoltaica (ma anche, volendo, di altra natura), e, tramite convertitori elettronici idonei, alimentano un "nodo energetico", gestito dal "cervello" elettronico, cui può giungere anche la rete e dal quale esce la energia richiesta dal carico. La discontinuità con la quale viene generata la energia proveniente da fonti rinnovabili comporta che, a seconda dei casi, la energia prodotta sia, in funzione del tempo, in eccesso od in difetto rispetto a quella richiesta dal carico: quella prodotta in eccesso è previsto venga utilizzata per produrre idrogeno nel convertitore elettrolitico "electrolyzer", idrogeno che viene immagazzinato ed utilizzato per produrre energia elettrica nella cella a combustibile, quando il carico lo richiede, avendo come prodotto di scarto l'acqua.

Questa energia viene immediatamente inviata al "nodo" dopo il passaggio attraverso l'inverter; ed è quella accumulata che consente la stabilità e la qualità della fornitura all'utenza. L'idrogeno, accumulato, se necessario, può essere utilizzato anche come fonte di calore. La fuel cell ha un rendimento di conversione attorno al 50%, ma l'energia primaria utilizzata, a parte i costi di impianto, è gratuita.

Il sistema si presenta quindi di interesse crescente con il progredire della tecnologia delle fuel cell. Per questo è in atto da parte dell'Elettronica Santerno una attività di sviluppo di convertitori elettronici miranti ad utilizzare le fuel cell proposte oggi da numerosi costruttori anche nazionali. Questa tecnologia troverà comunque piena maturità entro i prossimi dieci anni.

Per ciò che concerne il dettaglio della qualità della energia elettrica fornita e la raccolta dei dati utili per la gestione dell'impianto vale quanto detto in precedenza.

### 2.3 Il sistema a cogenerazione TEMA NG

Il terzo tipo di impianto in linea di principio è più tradizionale. L'innovazione consiste nella possibilità di utilizzare più ampiamente, ma sempre convenientemente, la cogenerazione grazie ad un opportuno sistema di controllo elettronico, cogenerazione che potrebbe anche essere applicata agli impianti visti in precedenza per aumentarne la complessiva convenienza.

Lo schema è riportato in Figura 3.

La sorgente primaria di energia è il gas naturale: un motore a ciclo diesel trasformato a metano ed a giri variabili movimentata indifferentemente un generatore sincrono (maggiore rendimento) od asincrono (basso costo, facile reperibilità, robustezza) per la generazione dell'energia elettrica. Sul funzionamento della parte del sistema idonea a recuperare il calore non vi è nulla di particolare da aggiungere se non la circostanza, peraltro di notevole interesse economico, che, essendo il sistema di cui si tratta progettato e realizzato per una generazione distribuita, il recupero del calore non richiede le lunghe tubazioni usualmente richieste per raggiungere l'utenza, tubazioni che comportano perdite di calore e alti costi di realizzazione.

Il sistema può funzionare in collegamento con la rete o stand alone, con le stesse modalità di interfacciamento rete viste per il sistema Aladin.

Per ciò che concerne la parte elettrica è da sottolineare la

presenza del blocco di circuiti elettronici che costituiscono il cosiddetto "gestore energetico".

E' noto che i gruppi di cogenerazione tradizionali sono costretti a funzionare a velocità costante per mantenere il regime sincrono con la frequenza di rete, o asincrono nell'ambito di uno scorrimento di pochi punti percentuali, adattando la potenza generata a quella richiesta dai carichi elettrici o termici mediante la regolazione dell'immissione del carburante; per questo la velocità prevista per il gruppo di generazione in sede di progetto coincide con quella di massimo rendimento a potenza nominale del motore endotermico. Ciò comporta che a carichi parziali il punto di lavoro si sposti notevolmente dalla posizione di massimo rendimento peggiorando sia il rendimento sia la qualità delle emissioni di scarico; tipicamente quando la potenza richiesta al motore scende sotto il 60% di quella nominale per i motivi detti e per problemi di stabilità indotti nella rete elettrica i gruppi di cogenerazione vengono arrestati.

Nel caso di TEMA NG, il gestore energetico e l'inverter di accoppiamento con la rete consentono invece di potere operare a velocità variabile facendo lavorare il motore sempre (cioè anche quando la potenza prelevata è inferiore a quella nominale) nei punti di massimo rendimento. La riduzione della potenza è ottenuta riducendo la velocità, e conseguentemente anche il carburante immesso; in tal modo è possibile mantenere in funzione la cogenerazione per tempi molto più lunghi, consentendo un ritorno molto più rapido dell'investimento.

Inoltre, in queste condizioni, risulta possibile mantenere le emissioni nell'ambiente ai valori minimi.

L'inverter consente poi di coprire picchi di potenza richiesta senza superare i limiti contrattuali concordati; ovvero, se il sistema è configurato in priorità "elettrica" può venire erogata esattamente la quota di energia elettrica richiesta dai carichi (finché non supera quella nominale del sistema) evitando di prelevare potenza dalla rete. Per i problemi di qualità della fornitura di energia elettrica, così come per quanto concerne problemi di raccolta dati di funzionamento, vale, naturalmente, quanto detto in precedenza per gli altri sistemi.

E' il caso anche di sottolineare come il gestore energetico possa regolare anche la temperatura nel circuito di trasporto del calore e consenta di programmare modalità operative diverse in relazione alle ore della giornata o dei cicli stagionali.

Il sistema può essere collegato a moduli di gestione energetica aggiuntivi ed attuare con essi un funzionamento coordinato, formando così una minirete elettrica; ad esempio, la potenza elettrica prodotta da un campo fotovoltaico potrebbe coprire in parte la richiesta dei carichi elettrici riducendo la potenza richiesta al motore endotermico o addirittura consentendone l'arresto. Il funzionamento nella modalità UPS richiede il dimensionamento delle batterie in relazione ai previsti tempi di utilizzazione a generatore spento.

Il sistema è previsto per accettare svariate condizioni impiantistiche e funzionali.

## 3 CONCLUSIONI

Sono stati esposti i risultati di una lunga attività di ricerca sviluppata dalla Elettronica Santerno nel settore energetico, avendo come obiettivo generale l'offerta di impianti di piccole dimensioni per una fornitura diffusa della energia elettrica, in omaggio al principio di generare l'energia laddove viene

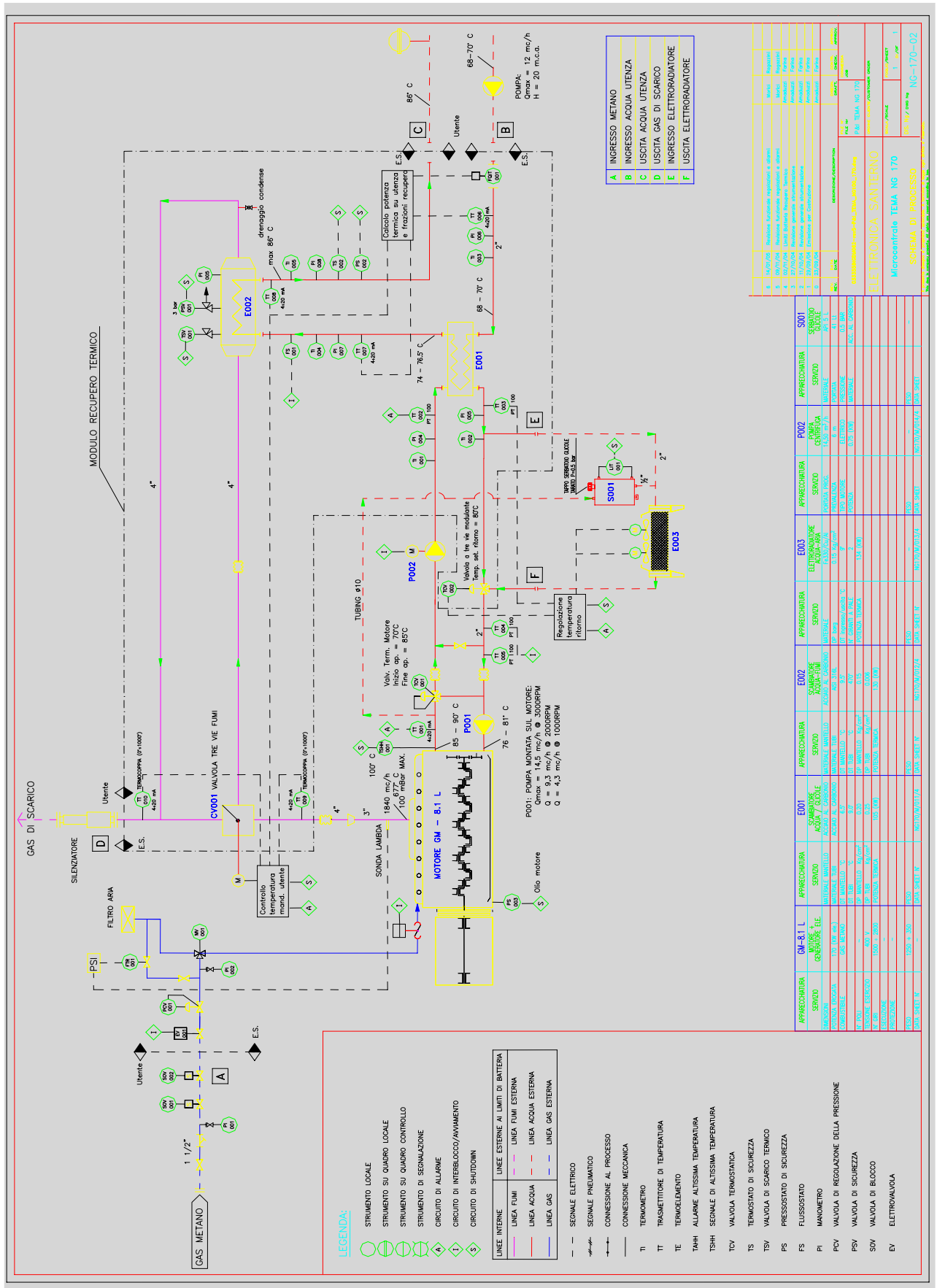


Figura 3: Il sistema a cogenerazione TEMA NG

richiesta e non in luoghi lontani, da dove poi deve essere prelevata con elettrodotti.

Obiettivo specifico è stato invece quello di trasferire sulla tecnica impiantistica le opportunità offerte da tecniche elettroniche in grado di conferire ad impianti complessi, operanti con sorgenti di energia di diversa natura, la flessibilità funzionale che può consentire il risparmio energetico, l'impiego di fonti rinnovabili, la elevata qualità della fornitura.

Il funzionamento è stato esposto nelle sue linee essenziali. E' chiaro che tutto quanto riguarda il rispetto della normativa impiantistica per ciò che concerne le protezioni, le condizioni di sicurezza, il funzionamento e le condizioni ambientali, e l'affidabilità delle apparecchiature si deve ritenere implicito.