



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia
e lo sviluppo economico sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Gestione energetica di un'abitazione mediante accumulo di energia elettrica e termica

S. Barsali, R. Giglioli, D. Poli



Università di Pisa - DESE

Report RdS/2012/251

GESTIONE ENERGETICA DI UN'ABITAZIONE MEDIANTE ACCUMULO DI ENERGIA ELETTRICA E TERMICA.
S. Barsali, R. Giglioli, D. Poli (Università di Pisa, DESE)

Settembre 2012

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Progetto: Sistemi avanzati di accumulo di energia

Responsabile del Progetto: Mario Conte, ENEA

Esprimiamo un particolare ringraziamento all'Ing. Giuseppe Rinaldi, al Sig. Fabio Bonsignori e al Sig. Alessio Bechini per il contributo apportato nella fase di misura e sperimentazione

Indice

Sommario.....	4
<i>Introduzione</i>	<i>5</i>
Sistemi di controllo degli inverter interfacciati con la rete.....	5
Inverter a controllo di corrente	5
Inverter a controllo di tensione	5
Sistemi a commutazione naturale	6
Dispositivi di accumulo in bassa tensione installati su utenze domestiche.....	7
Scelta del sito e descrizione della campagna di misure	7
<i>Analisi della campagna di misure:.....</i>	<i>9</i>
<i>Elaborazioni dei dati per il dimensionamento dei sistemi di accumulo.....</i>	<i>17</i>
<i>Modello semplificato delle cumulate</i>	<i>21</i>
<i>Logica di gestione e criterio di dimensionamento dell'accumulo.....</i>	<i>23</i>
<i>Conclusioni.</i>	<i>29</i>
Appendice: dati tecnici dispositivi UPS e PLC.....	30

Sommario

E' presentata l'analisi e la modellazione del carico di un'abitazione civile, base per il dimensionamento di un sistema di accumulo elettrico e termico.

La gestione dei due sistemi di accumulo permette di contenere il profilo del carico dell'utenza su valori ridotti della potenza richiesta dalla rete, con beneficio economico dell'utenza, che può accedere ad un contratto meno oneroso (chiede meno potenza), e del gestore di rete che può evitare il raddoppio delle linee di distribuzione con il sopravvenire di nuove utenze.

E' presentata una soluzione particolare tesa a semplificare l'impianto ed a ridurre i costi di acquisto. La soluzione è stata realizzata presso un'utenza domestica ed è attualmente in esercizio.

Introduzione

Sistemi di controllo degli inverter interfacciati con la rete

Gli attuali sistemi di controllo degli inverter sono suddivisibili fondamentalmente in due tipologie, quelli idonei al funzionamento in isola su una rete passiva e quelli idonei al funzionamento su una rete attiva. Difficilmente si incontrano soluzioni che consentano, non tanto la compresenza dei due sistemi di controllo, quanto il passaggio automatico da una configurazione all'altra.

Dal punto di vista della implementazione delle logiche di controllo gli inverter possono essere suddivisi in inverter a controllo di corrente o a controllo di tensione.

Inverter a controllo di corrente

I sistemi con controllo in corrente definiscono le sequenze di accensione delle valvole che costituiscono il ponte, con l'obiettivo di imporre una determinata corrente, in modulo e fase, rispetto alla tensione della rete. Questo tipo di sistema di controllo rende i convertitori particolarmente robusti in relazione ai disturbi della rete, guasti o richiuse erronee; infatti essi riescono ad erogare la corrente desiderata, entro certi limiti, a prescindere dal valore della tensione di rete.

Tuttavia, per loro concezione, tali sistemi funzionano correttamente solo in presenza di una sorgente di tensione esterna, cioè la rete, e si arrestano, non appena tale riferimento viene perduto. Nell'eventualità di una separazione dell'inverter dalla rete, anche nell'ipotesi che il valore del carico che rimane connesso all'inverter fosse molto prossimo a quello imposto dal sistema di controllo, l'inverter andrebbe ad inseguire se stesso raggiungendo in tempi molto rapidi valori di frequenza inaccettabili. Se poi il carico residuo si discostasse anche di poco dal valore imposto, la tensione sulla rete (prodotto della corrente immessa per l'ammettenza equivalente) sarebbe immediatamente inaccettabile. Tale sistema è comunque impiegabile in tutti gli impianti dedicati alla rete che non richiedano l'alimentazione di una rete isolata o di carichi privilegiati.

Oltre al notevole pregio di presentare una robustezza intrinseca a perturbazioni di rete (entro certi limiti) consente anche la realizzazione di sistemi con ridotte esigenze in termini di filtraggio, in quanto il controllo può essere affinato sulla forma d'onda della corrente. Inoltre l'impedenza di connessione tra inverter e rete può essere ridotta al minimo, consentendo la realizzazione di sistemi molto economici.

Quando questi inverter interfacciano impianti di produzione, il valore della corrente (in modulo e fase) viene definito in modo da imporre i valori di potenza attiva e reattiva desiderati. Spesso si ricorre ad un funzionamento con fattore di potenza unitario, ovvero corrente in fase con la tensione.

Nell'ipotesi, ancora, che l'impianto, connesso a una rete di distribuzione, non debba "rialimentare" la rete in caso di formazione di isole o comunque di separazione dalla rete stessa, questo tipo di controllo garantisce intrinsecamente l'arresto del sistema di controllo per allontanamento dai parametri nominali di rete (tensione e frequenza).

Inverter a controllo di tensione

Gli inverter con controllo di tensione, realizzabili con diverse strategie di definizione della sequenza di impulso delle valvole, tra cui PWM, possono essere ricondotti ad uno schema equivalente alla frequenza della fondamentale come riportato in *Figura 1*

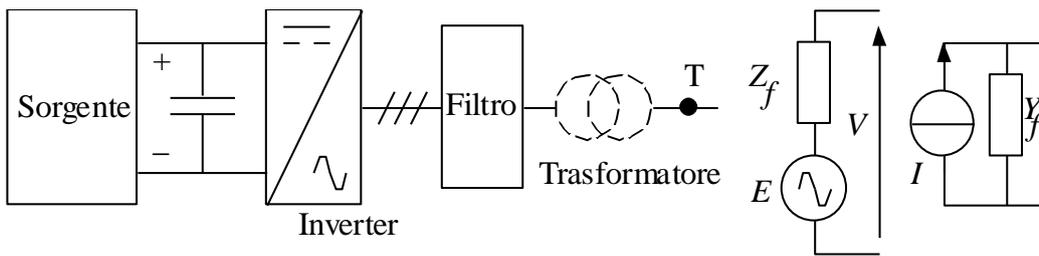


Figura 1 Schema equivalente e circuito equivalente alla fondamentale di una sorgente interfacciata con inverter.

Tale controllo si presta sia al funzionamento in parallelo ad una rete attiva che su una rete passiva, agendo opportunamente su modulo e fase della tensione fondamentale generata dal ponte di conversione. Le due metodologie sono dette normalmente controllo PQ e controllo a V costante. Nel primo caso il modulo e la fase della tensione prodotta dall'inverter viene definito in modo da dar luogo ad un flusso di potenza attiva e reattiva che risulta definito dalle equazioni del doppio bipolo costituito dall'impedenza equivalente dei filtri e del trasformatore (se presente). Nel secondo caso la forza elettromotrice E , prodotta dall'inverter, viene mantenuta costante in modulo e con fase fissa rispetto ad un riferimento assoluto alla frequenza nominale, ovvero viene imposta una frequenza costante.

Ne risulta che, per poter passare da una condizione all'altra, è necessario che venga identificato il cambiamento di configurazione e venga conseguentemente modificato il loop di controllo attivo. Infatti imporre i valori di P e Q su una rete isolata porterebbe a valori di tensione inaccettabili. Del resto verrebbe anche a mancare il riferimento di tensione rispetto al quale definire lo sfasamento. La tensione V sarebbe infatti conseguenza della forza elettromotrice E ed il sistema di controllo inseguirebbe se stesso. Dall'altro, lato imporre una tensione costante in modulo e frequenza in presenza di una rete significherebbe avere flussi di potenza incontrollati ed uno scorrimento continuo della E rispetto alla V .

Nel caso poi in cui siano presenti più inverter funzionanti in parallelo su una rete isolata, risulta necessario che uno di essi agisca da riferimento per gli altri operando a tensione e frequenza costante, mentre gli altri operano a potenza imposta, agganciandosi al riferimento definito dal primo inverter. Questo, a sua volta, è chiamato ad accollarsi tutte le variazioni del carico presente sulla rete mentre gli altri continuano a mantenere invariata la potenza di lavoro.

È quindi necessario un coordinamento dei vari inverter presenti attraverso un sistema di supervisione a cui deve essere noto lo stato di tutte le macchine, e che deve essere in grado di agire su ciascuna di esse.

Ciò risulta particolarmente oneroso quando il sistema risulti dall'evoluzione di una rete a cui sono state progressivamente collegate sorgenti diverse.

Gli inverter a controllo di tensione infine richiedono la presenza di una impedenza equivalente di connessione tra il ponte e la rete sufficientemente elevata in modo da poter avere uno sfasamento adeguato tra le due tensioni. Tale impedenza costituisce anche il ramo induttivo del sistema di filtraggio che invece, con opportuna scelta del controllo, può essere praticamente omesso negli inverter a controllo di corrente.

Anche in questo caso, se l'impianto non deve "rialimentare" la rete, è sufficiente mantenere il controllo in modalità PQ per cui, per raggiunti limiti di tensione e/o frequenza il sistema si spegne non appena la rete si separa.

In entrambi i casi, in particolare in presenza di macchine rotanti, anche funzionanti da motore, il cui assorbimento è molto sensibile a tensione e frequenza, esiste comunque la remota probabilità che, il sistema possa trovare un punto di equilibrio con valori di tensione e frequenza prossimi a quelli nominali.

Sistemi a commutazione naturale

Esiste infine la possibilità che i sistemi con inverter vengano realizzati con sistemi a commutazione naturale i quali, pur potendo erogare in rete potenza attiva, richiedono sempre la fornitura di reattivo dalla rete e della rete stessa per commutare le valvole. In questo caso appena la rete viene meno, il dispositivo si

disattiva. Solo in presenza di forze elettromotrici esterne capaci di erogare il reattivo necessario, sarebbe possibile un mantenimento del funzionamento anche su un'isola.

Dispositivi di accumulo in bassa tensione installati su utenze domestiche.

Per quanto indicato in precedenza, nel caso di utenze domestiche passive, utilizzare un dispositivo inverter-accumulo in derivazione sull'alimentazione comporterebbe l'alimentazione della rete a monte in caso di mancanza di tensione, quindi con aspetti di sicurezza e di capability del dispositivo. In generale questi aspetti si risolvono installando un'opportuna interaccia sull'alimentazione di rete che impedisce la rialimentazione della rete monte.

Nel caso di piccole utenze il costo dell'interfaccia può essere elevato rispetto al valore del dispositivo di accumulo rendendo scarsamente impiegabile la soluzione per eccessivo costo e complicazione.

Sulla base delle considerazioni di cui sopra si è ritenuto più utile sviluppare una soluzione con un sistema tipo micro UPS che non presenta l'inconveniente di erogare in rete in mancanza di tensione di alimentazione e che presenta un costo molto ridotto.

Scelta del sito e descrizione della campagna di misure

Al fine di poter sperimentare sul campo le logiche di gestione messe a punto, è stato scelto un sito dove poter installare tutti i dispositivi necessari all'attività.

Il sito scelto è la casa del guardiano dei laboratori dell'Università di Pisa nella sede di San Piero a Grado (PI).

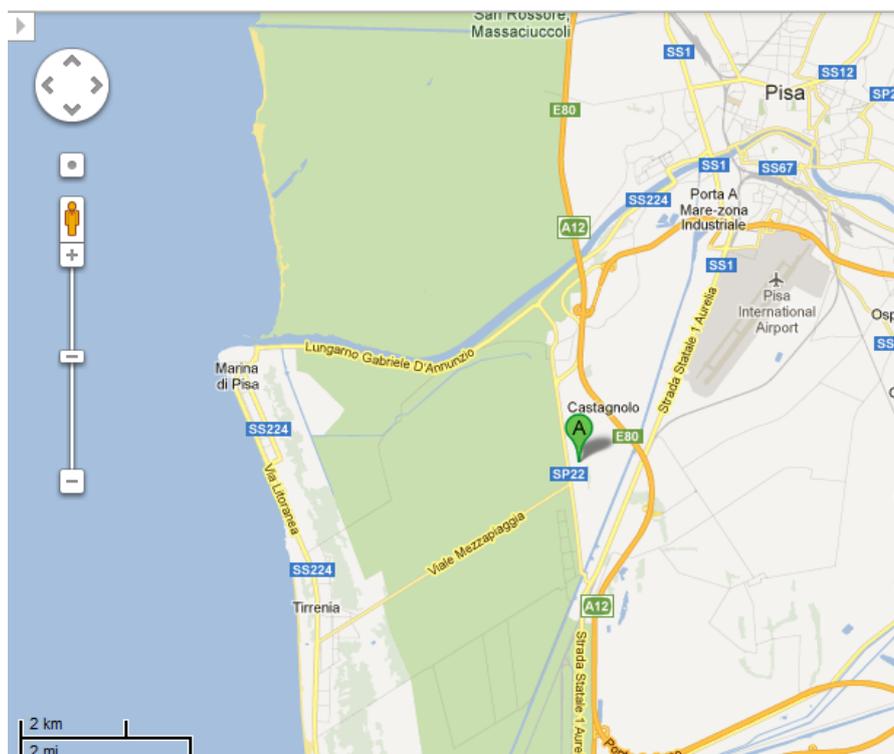


Figura 2. Posizione dei laboratori dell'Università di Pisa a San Piero a Grado.



Figura 3. Inserire foto casa.

Per dimensionare i componenti del sistema di accumulo è stata svolta una campagna di misure sul sito divisa in due fasi che verranno descritte in seguito. La sezione di misura corrisponde al punto immediatamente a valle dei dispositivi di protezione delle due linee elettriche che dal quadro generale dei laboratori alimentano la casa del guardiano: linea luce guardiano e linea forza motrice (F.M.) guardiano. Di seguito è riportato lo schema di collegamento delle sonde dello strumento.

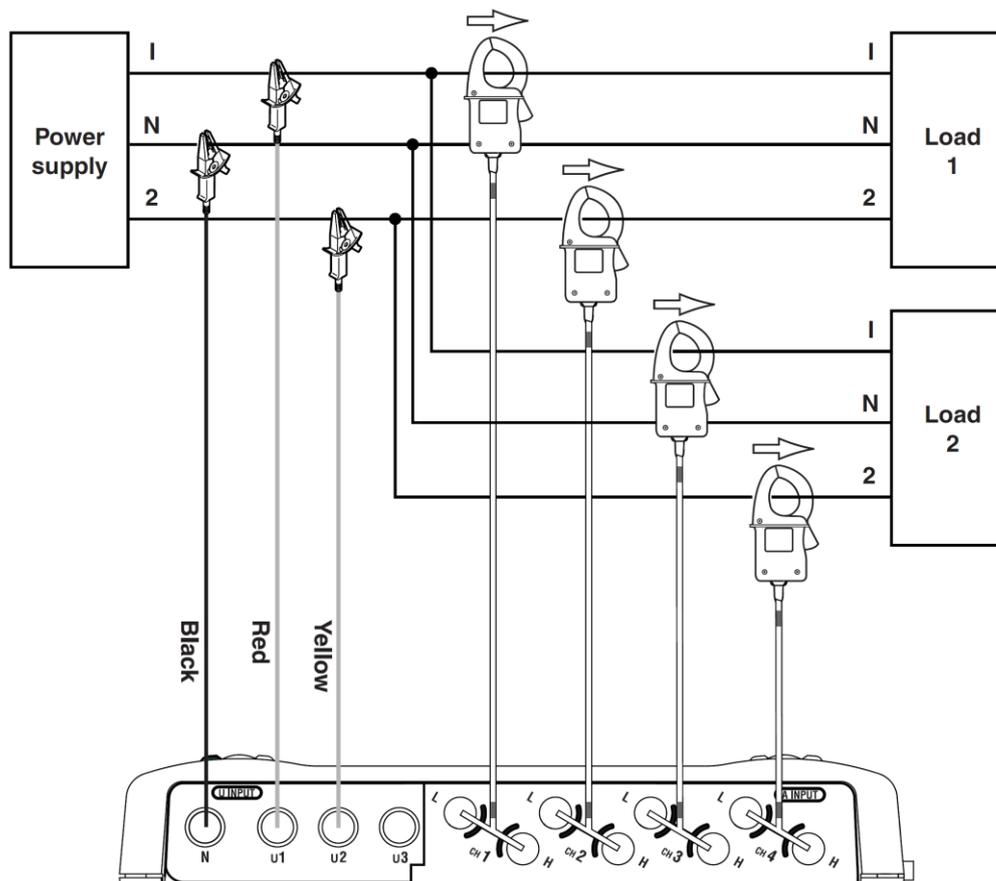


Figura 4. Schema di collegamento delle sonde.

La campagna di misure è stata divisa in due parti per verificare rispettivamente, l'entità della potenza assorbita dall'utenza in esame e la qualità dei vettori tensione e corrente entranti nell'appartamento.

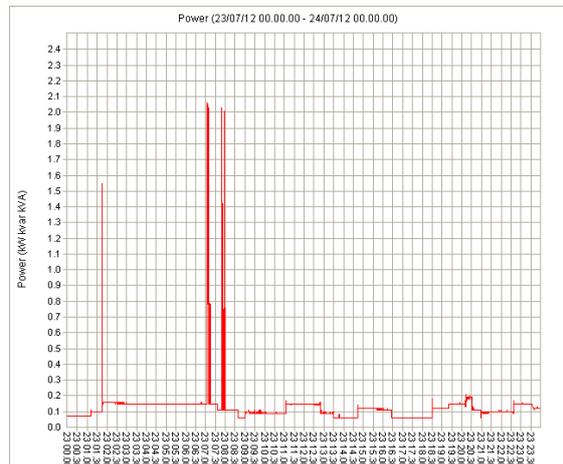
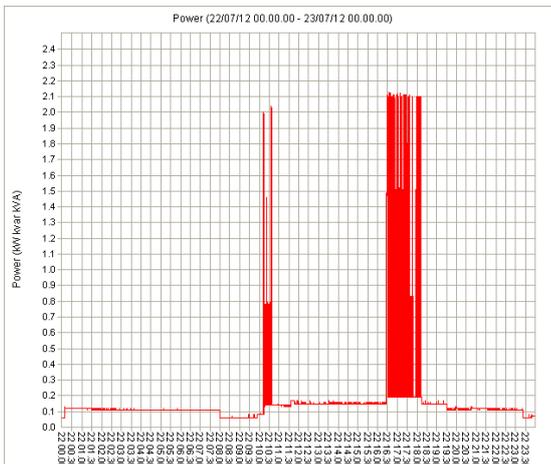
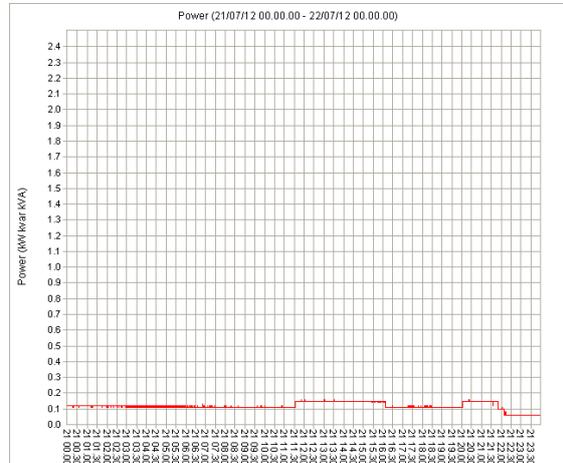
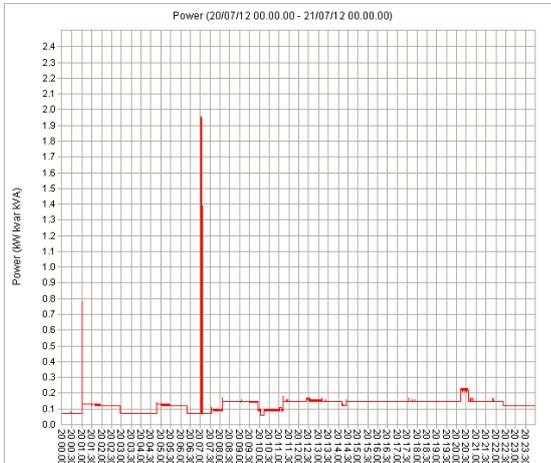
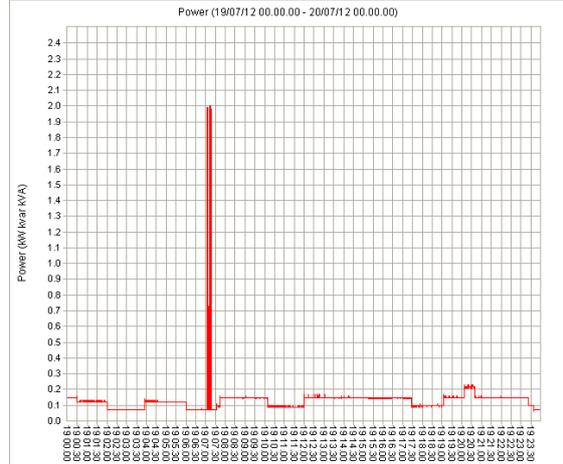
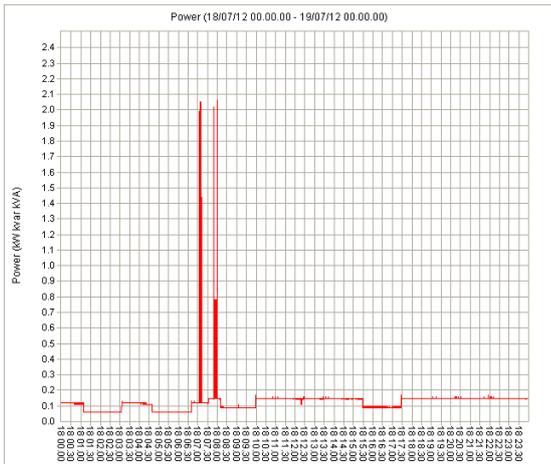
La prima fase delle misure si è svolta dalla mattina del 17/07/2012 alla mattina del 25/07/2012.

Le grandezze misurate per ogni carico sono state: potenza attiva, potenza reattiva, potenza apparente, fattore di potenza, tensione, corrente.

Sono state ricavate inoltre le forme d'onda e le armoniche fino al 49-esimo ordine di tensione e corrente per ogni carico.

Analisi della campagna di misure:

Di seguito si riportano i diagrammi di carico giornalieri per entrambe le linee:



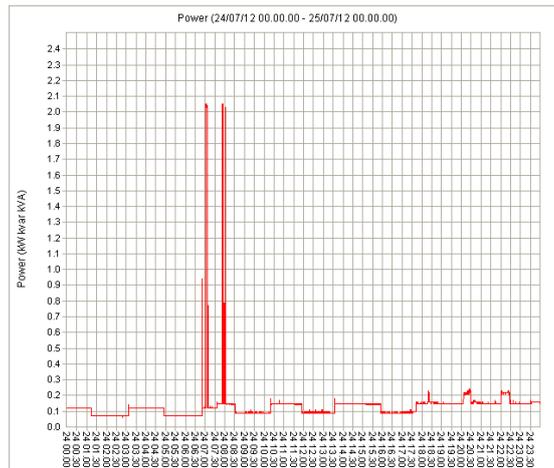
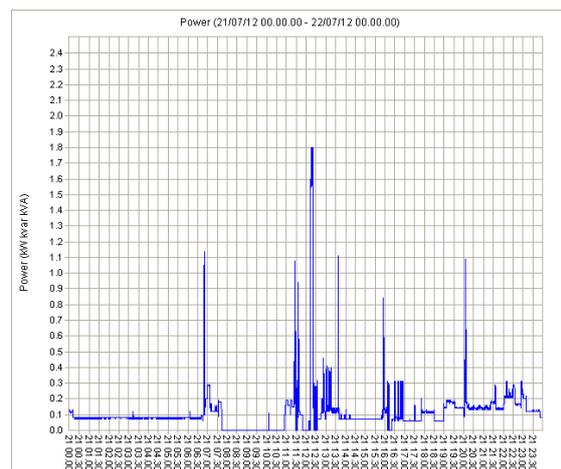
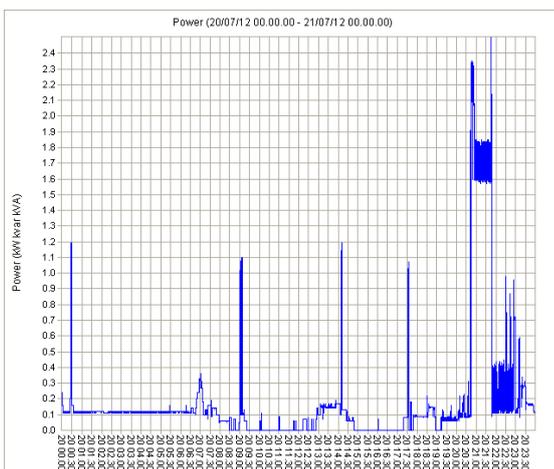
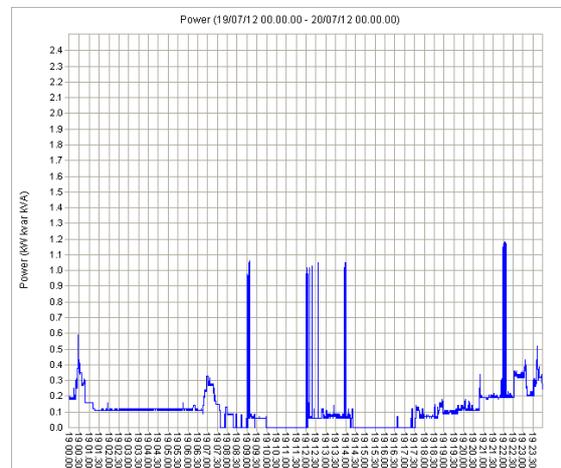
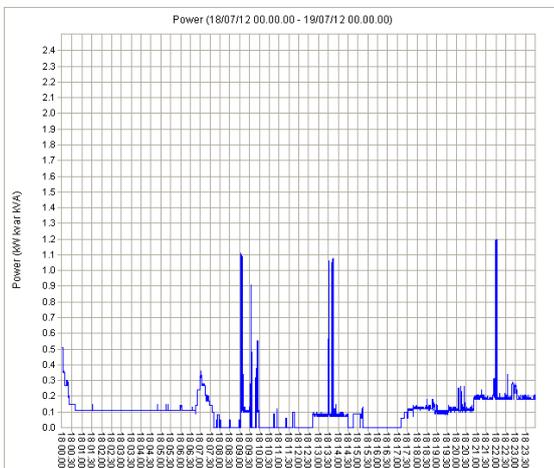


Figura 5. Linea F.M. custode da Mercoledì 18/07/2012 a Martedì 24/07/2012.



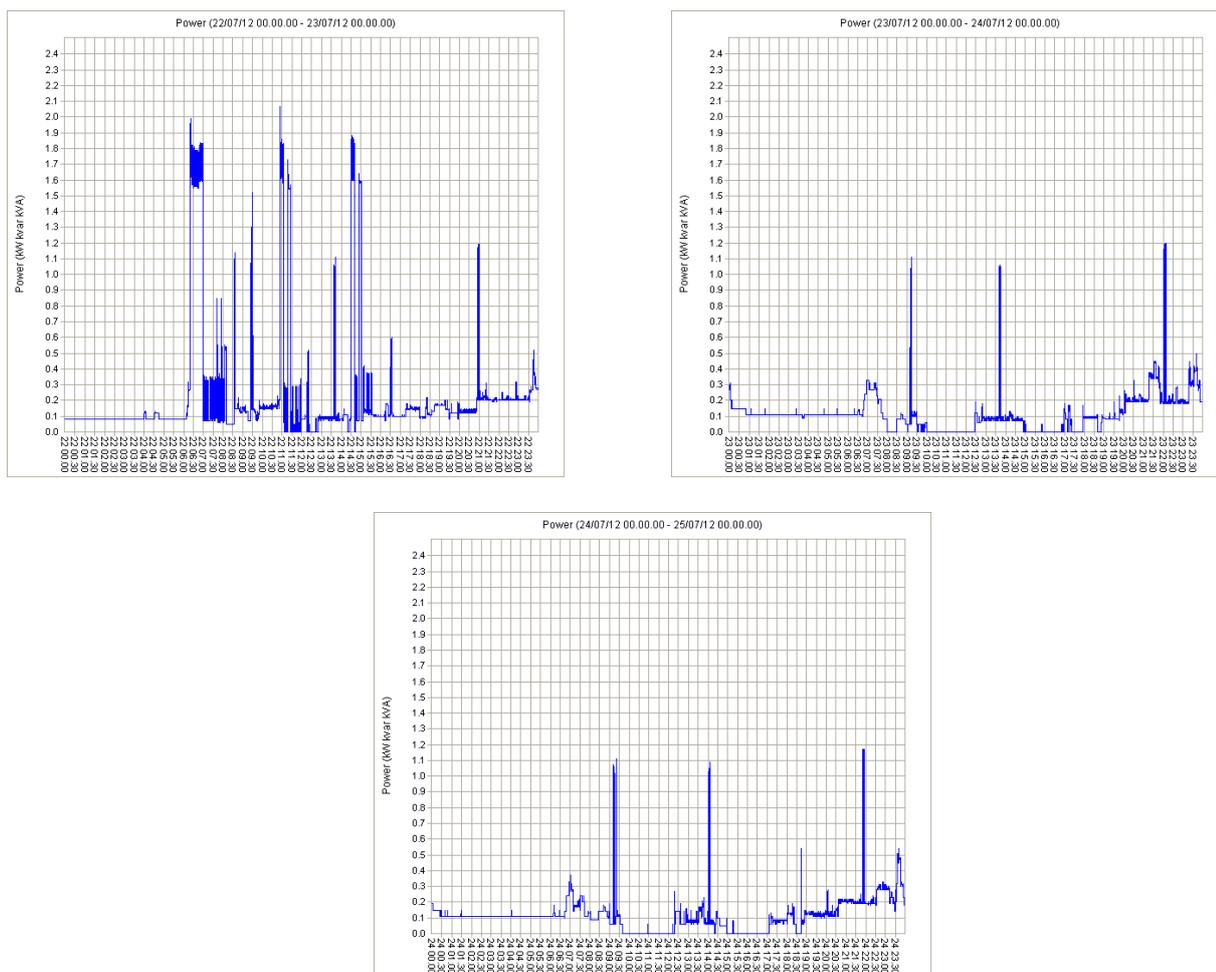


Figura 6. Linea Luce custode da Mercoledì 18/07/2012 a Martedì 24/07/2012 .

Di seguito si riportano le forme d'onda delle tensioni delle due linee per un minuto di misurazione:



Figura 7. Forma d'onda della tensione linea Luce custode e linea F.M. custode.

Le tensioni risultano perfettamente sinusoidali e sfasate di 120° per tutta la campagna di misure.

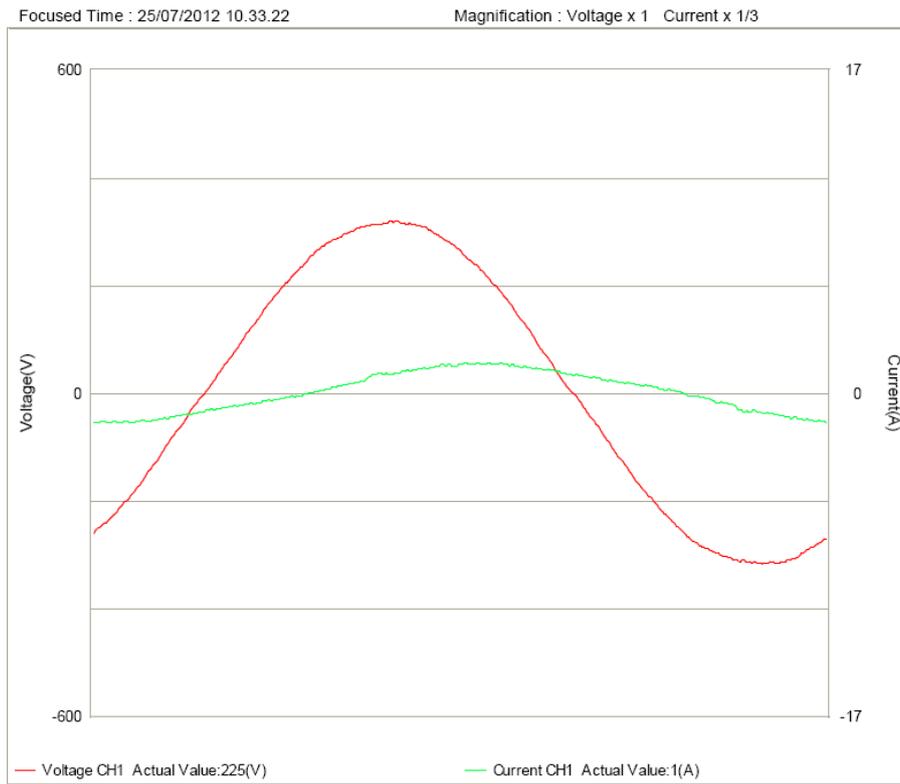


Figura 8. Forma d'onda di tensione e corrente linea F.M. custode.

Il carico presenta una corrente sinusoidale (in verde) sfasata rispetto alla tensione (in rosso). Questo indica un assorbimento di potenza reattiva dei carichi più piccoli.

Analogamente si analizza la linea Luce custode:

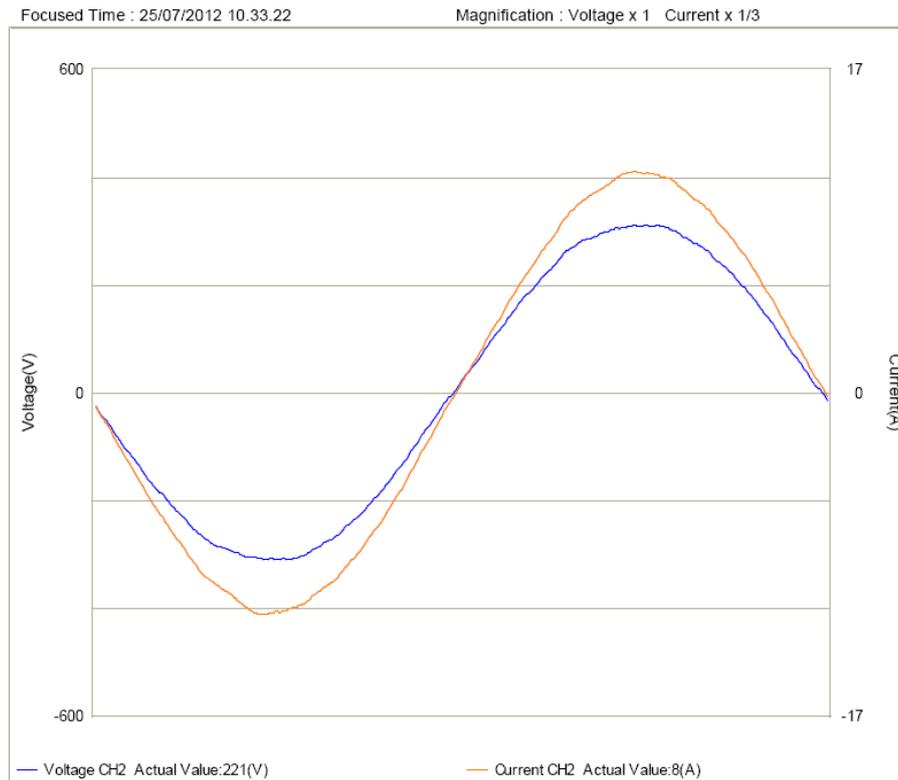


Figura 9. Forma d'onda di tensione e corrente linea Luce custode.

In questo caso la tensione (in blu) e la corrente (in arancio) sono perfettamente in fase. Questo è un dato prevedibile, in quanto l'impianto di illuminazione dell'abitazione non presenta carichi reattivi rilevanti. Osservando le forme d'onda si capisce che i carichi distortanti sono assenti o ininfluenti nei confronti della qualità dell'alimentazione. Questo è dimostrato anche dall'analisi spettrale in frequenza delle tensioni e delle correnti in esame.

Lo spettro della tensione della linea F.M. custode risulta privo di armoniche oltre la fondamentale:

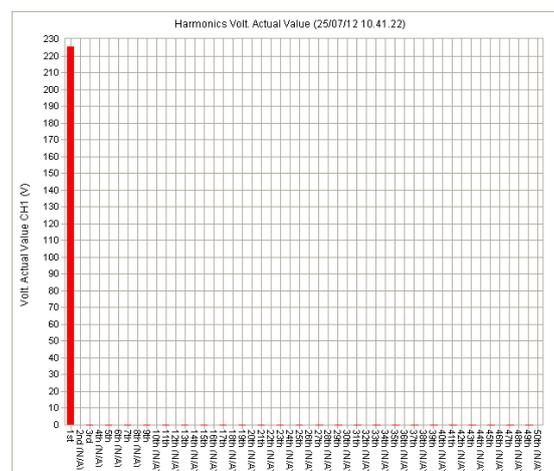


Figura 10. Spettro di tensione linea F.M. custode.

Lo stesso vale per lo spettro della tensione della linea Luce custode:

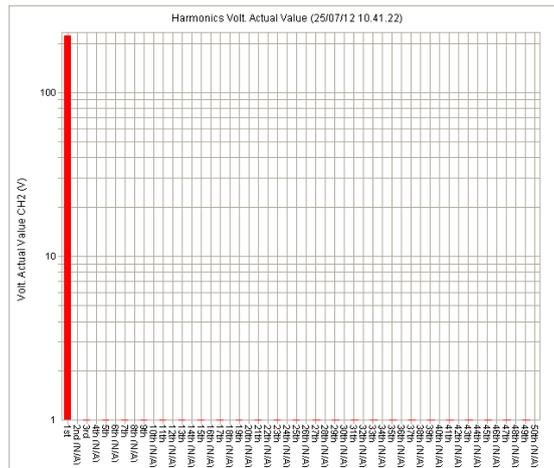


Figura 11. Spettro di tensione linea Luce custode.

Anche la corrente della linea F.M. custode risulta priva di anomalie, il che indica che gli azionamenti sono privi di sistemi di regolazione:

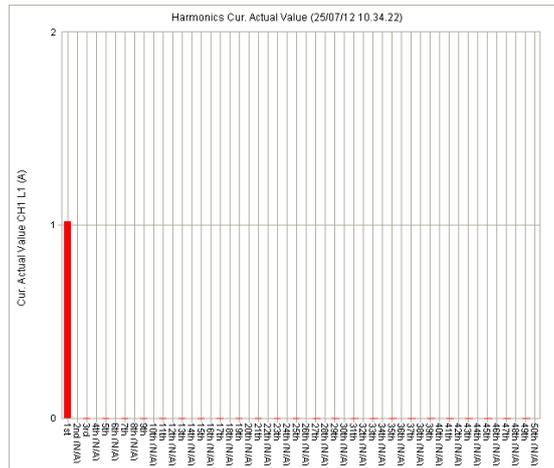


Figura 12. Spettro di corrente linea F.M. custode.

Anche, lo spettro della corrente della linea Luce custode risulta costituito solo dalla componente fondamentale.

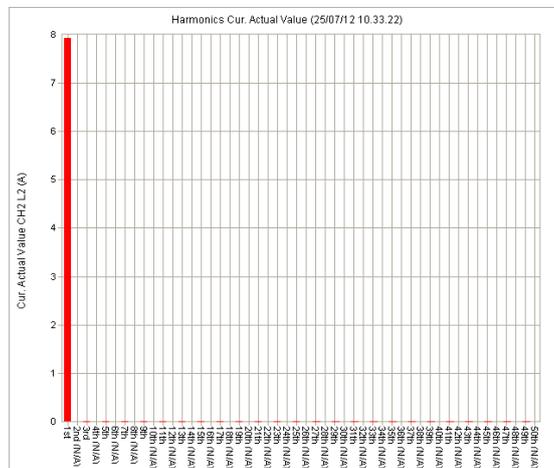


Figura 13. Spettro di corrente linea Luce custode.

Elaborazioni dei dati per il dimensionamento dei sistemi di accumulo

Il dimensionamento della capacità dell'accumulo elettrico è sviluppato in funzione delle cumulate di potenza del carico che dovrà alimentare. Sono stati quindi costruiti i diagrammi di durata del carico della linea Luce custode, della linea F.M. custode e dell'appartamento inteso nel suo complesso.

Dai grafici si evince che l'andamento è di tipo esponenziale con pendenza molto ripida.

Anche la potenza totale (in verde), ottenuta come somma degli assorbimenti contemporanei nelle due linee, presenta un diagramma di durata del carico con derivata molto alta.

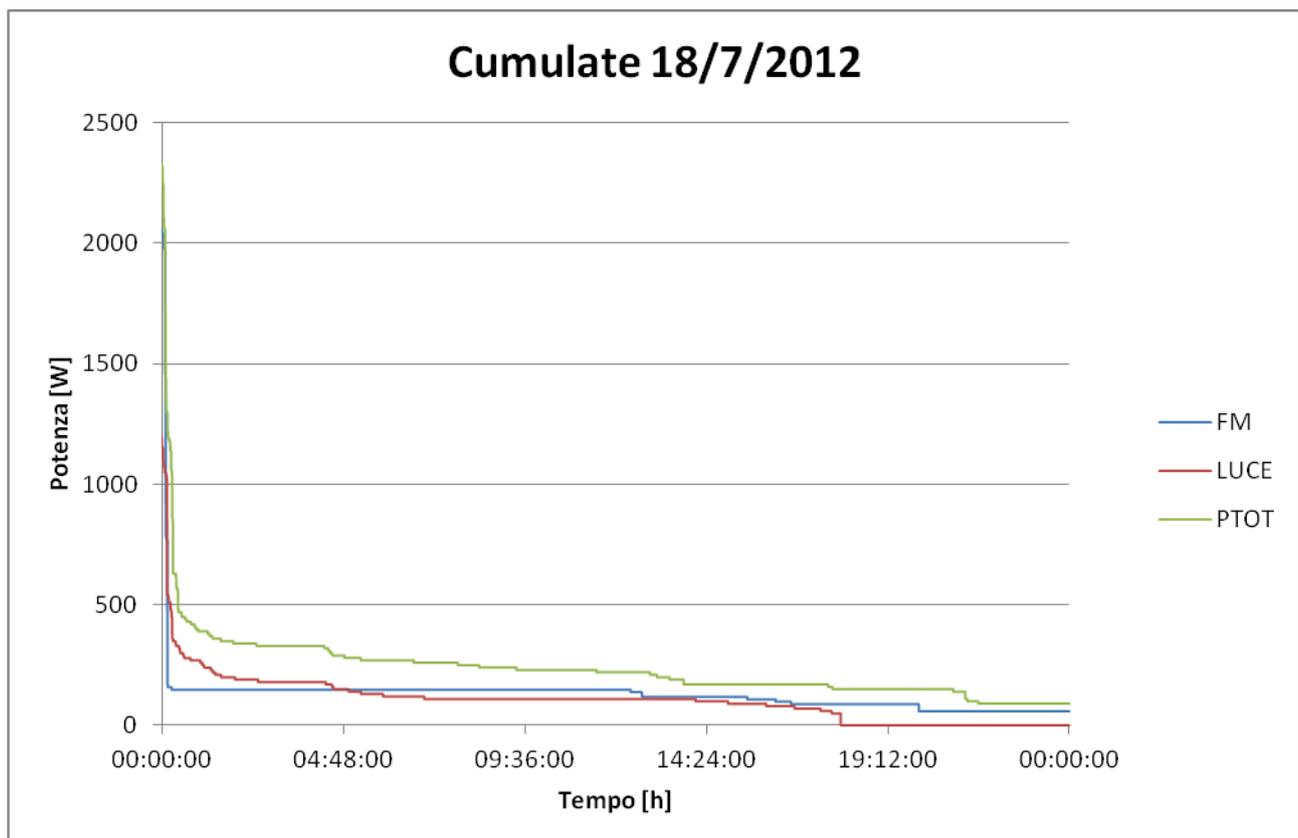


Figura 14. Cumulate di potenza riferite al 18/07/2012.

Osservando in dettaglio la prima ora, si vede come la maggior parte dell'assorbimento di potenza avviene per pochi minuti in entrambe le utenze.

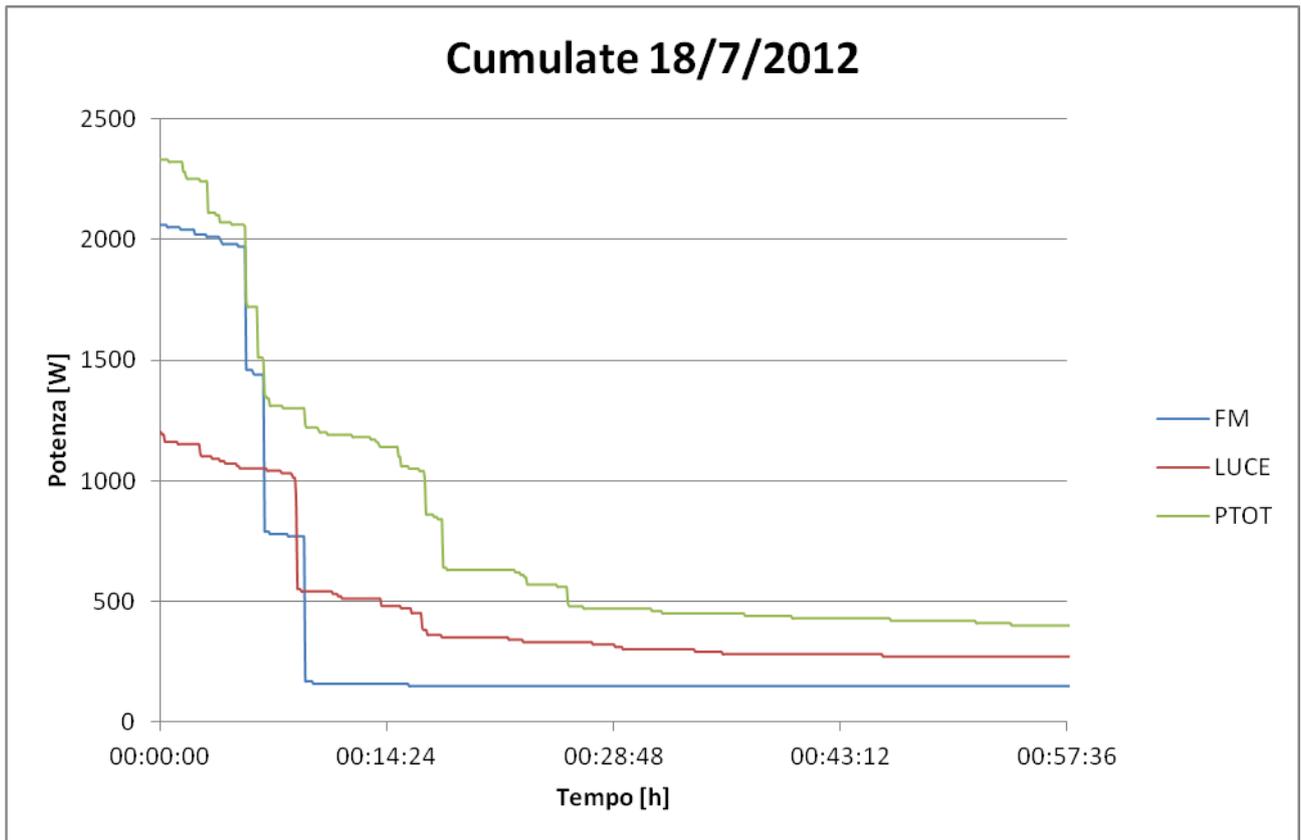
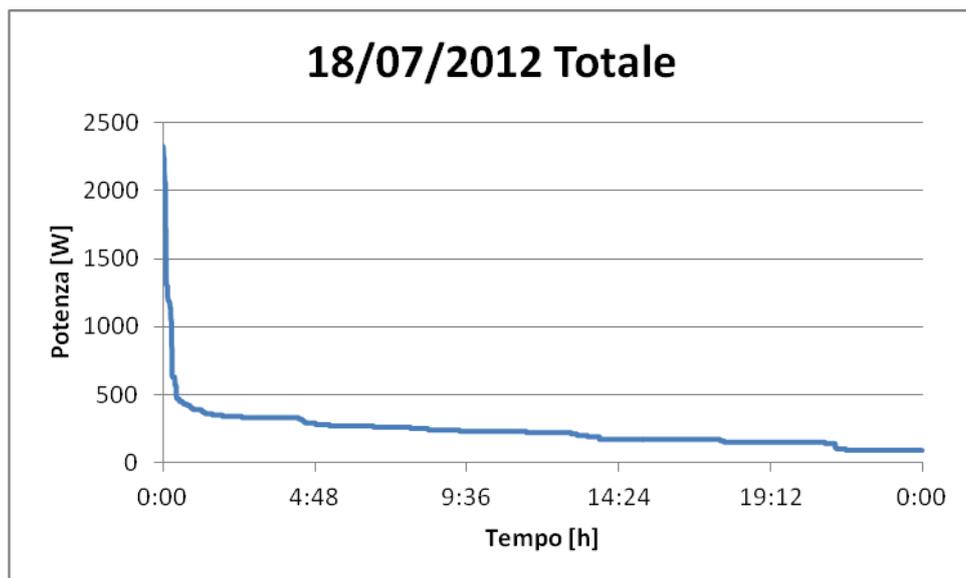
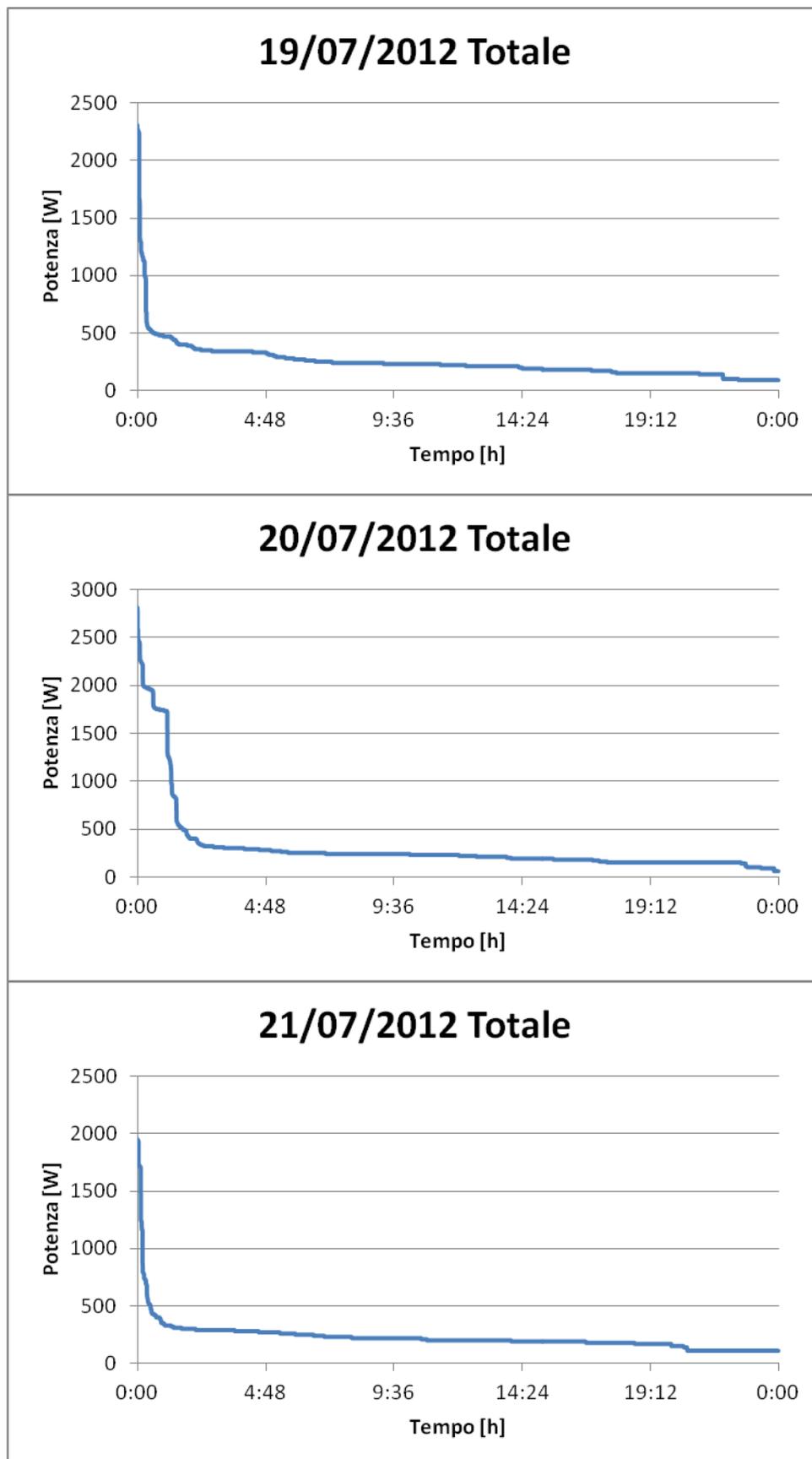


Figura 15. Prime ore della cumulata di potenza riferite al 18/07/2012.

Durante la prima parte della campagna di misure gli unici due giorni in cui un considerevole assorbimento di potenza si è protratto per più di un quarto d'ora, sono Venerdì 20 e Domenica 22. Questo può essere giustificato analizzando il tipo di nucleo familiare, due persone in questo caso, e le abitudini sociali dei residenti.

Di seguito vengono riportate le cumulate del carico totale per tutti i giorni della campagna di misure:





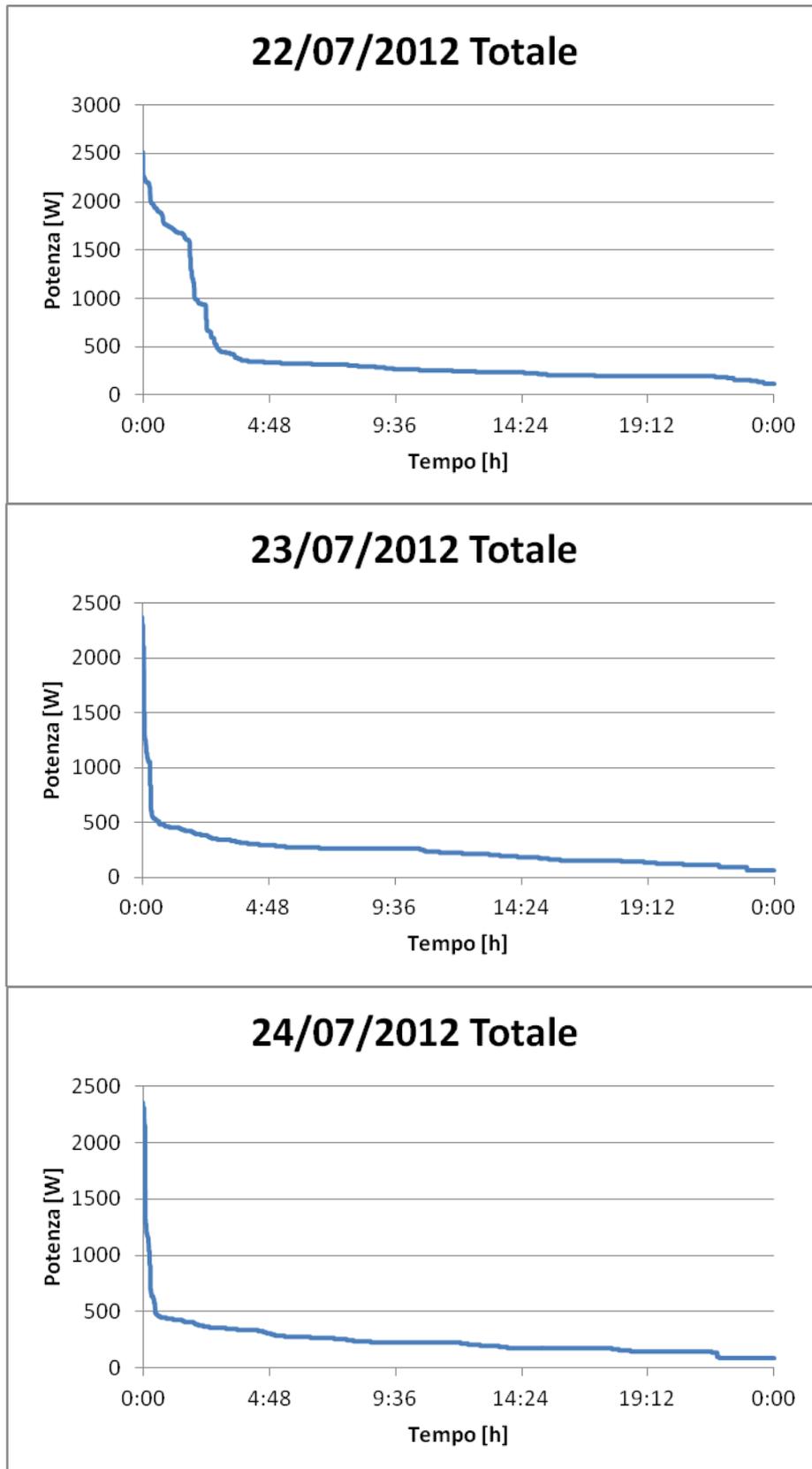


Figura 16. Cumulate di potenza dell'intero appartamento dal 18/07/2012 al 24/07/2012.

Oltre alla forma delle cumulate di potenza, un altro parametro che identifica il tipo di carico e quindi permette di scegliere l'accumulo più opportuno, è il valore dell'energia totale giornaliera. Nella tabella di seguito vengono riportati i valori di energia totale giornaliera per entrambe le linee e per l'intera abitazione:

Tabella 1. Energia giornaliera dal 18/07/2012 al 24/07/2012

Giorno	18	19	20	21	22	23	24
Energia F.M. [Wh]	3127	3207	3150	2843	4126	3006	3160
Energia Luce [Wh]	2534	2689	4228	2586	5196	2701	2737
Energia Totale [Wh]	5661	5896	7378	5429	9322	5707	5897

I valori sono quelli tipici di un'utenza domestica composta da due persone. Questo permette di estendere i risultati della sperimentazione che verrà effettuata sul sito, anche ad altre utenze similari.

Modello semplificato delle cumulate

In passato è stato sviluppato un modello semplificato delle cumulate di potenza che con soli due parametri potesse identificare la curva caratteristica di un carico.

Il modello utilizzato è:

$$y = \frac{k}{(x + k)^n}$$

Equazione 1. Modello semplificato delle cumulate di potenza.

dove x è il tempo espresso in ore e y è la potenza espressa in p.u. con base pari alla potenza massima settimanale di ciascuna linea.

I coefficienti k ed n sono ottenuti tramite il risolutore del programma Microsoft Excel.

I vincoli utilizzati sono:

- Coefficienti positivi;
- Energia sottesa dalla cumulata ottenuta con il modello semplificato pari a quella della cumulata originale;
- Valore iniziale della curva interpolante pari a quello della cumulata originale.

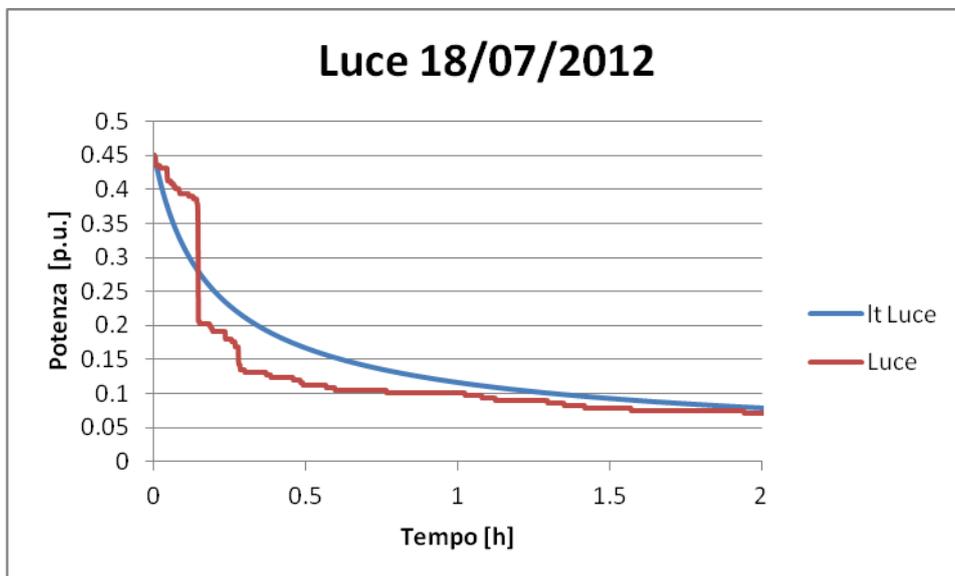
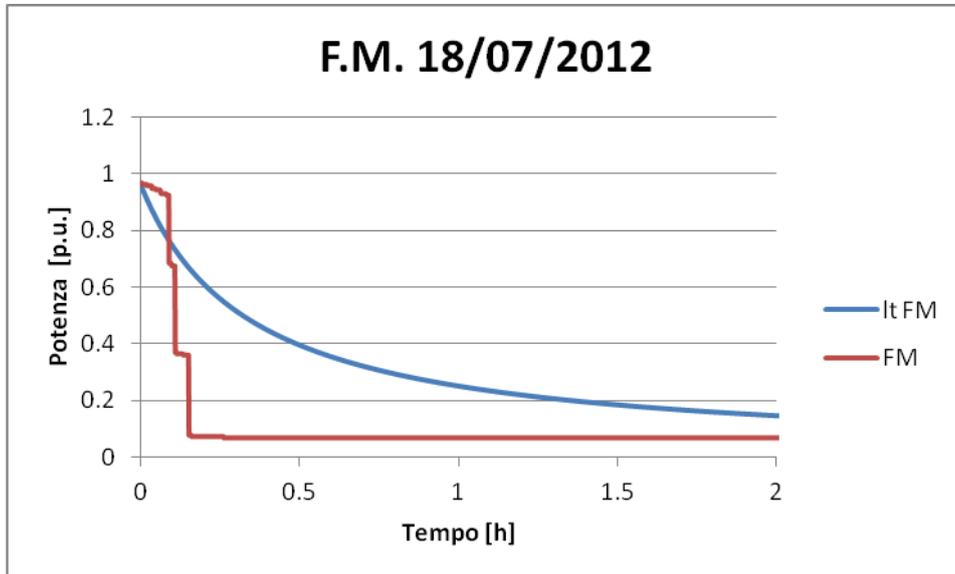
Una volta calcolati gli scarti tra ogni punto noto della cumulata originale e i corrispondenti punti della linea interpolante semplificata, si sono ricavati i coefficienti k ed n minimizzando la somma dei quadrati di detti scarti.

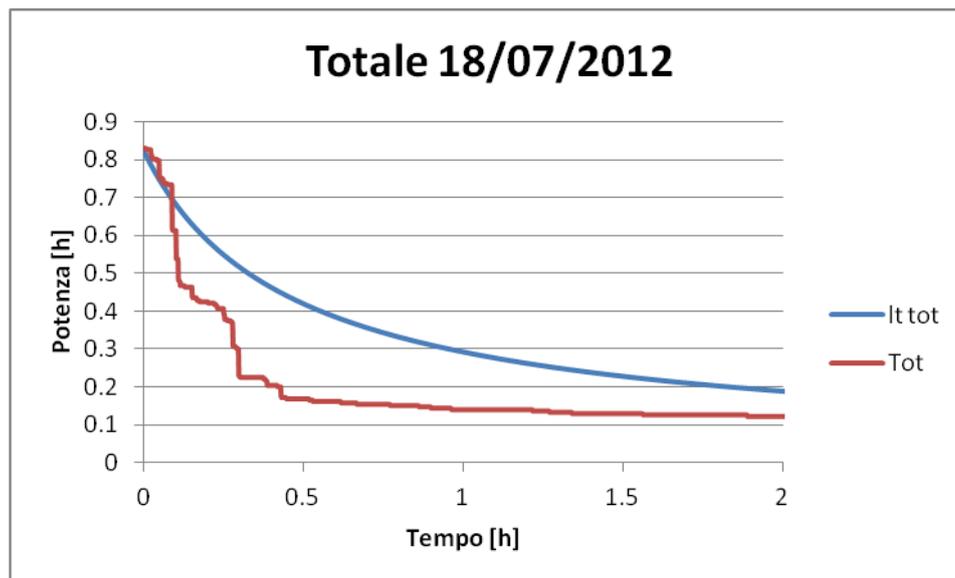
Nella tabella di seguito vengono riportati i coefficienti ottenuti tramite il risolutore e le potenze massime giornaliere espresse in W.

Tabella 2. Coefficienti del modello semplificato ottenuti tramite risolutore.

Giorno	F.M.			Luce			Totale		
	k	n	Pmax	k	n	Pmax	k	n	Pmax
18	0.331	0.970	2060	0.124	0.618	1200	0.380	0.806	2330
19	0.329	0.943	2000	0.130	0.602	1180	0.389	0.792	2310
20	0.315	0.928	1960	0.382	1.000	2660	0.751	1.000	2810
21	55.126	1.646	160	0.160	0.787	1800	0.302	0.695	1950
22	0.497	1.000	2130	0.343	0.766	2070	1.784	1.195	2510
23	0.315	0.971	2060	0.131	0.608	1200	0.391	0.819	2370
24	0.367	1.000	2050	0.131	0.596	1170	0.400	0.809	2360

Data la natura dell'utenza, caratterizzata da utilizzi molto brevi di rilevanti quantità di energia elettrica, il modello semplificato ha difficoltà nell'interpolare le cumulate di potenza. Come è possibile vedere nelle figure a seguire, il modello non riesce a ricreare la ripida pendenza delle cumulate originali. Per questo non è stato utilizzato per il dimensionamento dei dispositivi del sistema di accumulo.





Logica di gestione e criterio di dimensionamento dell'accumulo

La logica di gestione dell'accumulo utilizzata in questa attività di ricerca, prevede l'impiego di un accumulo termico e di uno elettrico, quando l'utenza supera una certa soglia di potenza. In questo modo la potenza massima assorbita al punto di consegna sarà pari alla soglia impostata. Il primo ad intervenire, sarà l'accumulo termico, che in questa sperimentazione è un congelatore. Sfruttando la capacità di mantenere la temperatura interna al di sotto dei 16°C per un periodo di tempo di almeno 4h se non viene aperto, in assenza di alimentazione elettrica, il congelatore può essere disalimentato quando la potenza complessiva dell'appartamento supera la soglia preimpostata. In questo modo, si riesce a guadagnare un margine di potenza pari all'assorbimento elettrico di circa 150w. Quando questo margine non è sufficiente a mantenere l'assorbimento complessivo di potenza sotto la soglia prestabilita, oppure in caso di congelatore non attivo, per cui anche un suo distacco non altererebbe il diagramma di carico dell'appartamento, interviene l'accumulo elettrico. Per un primo dimensionamento della capacità massima dell'accumulo elettrico. Come è mostrato in figura, l'energia che l'accumulo dovrà fornire è pari all'area compresa tra la cumulata e la soglia impostata.

Nell'esempio proposto la soglia è di 1500 W.

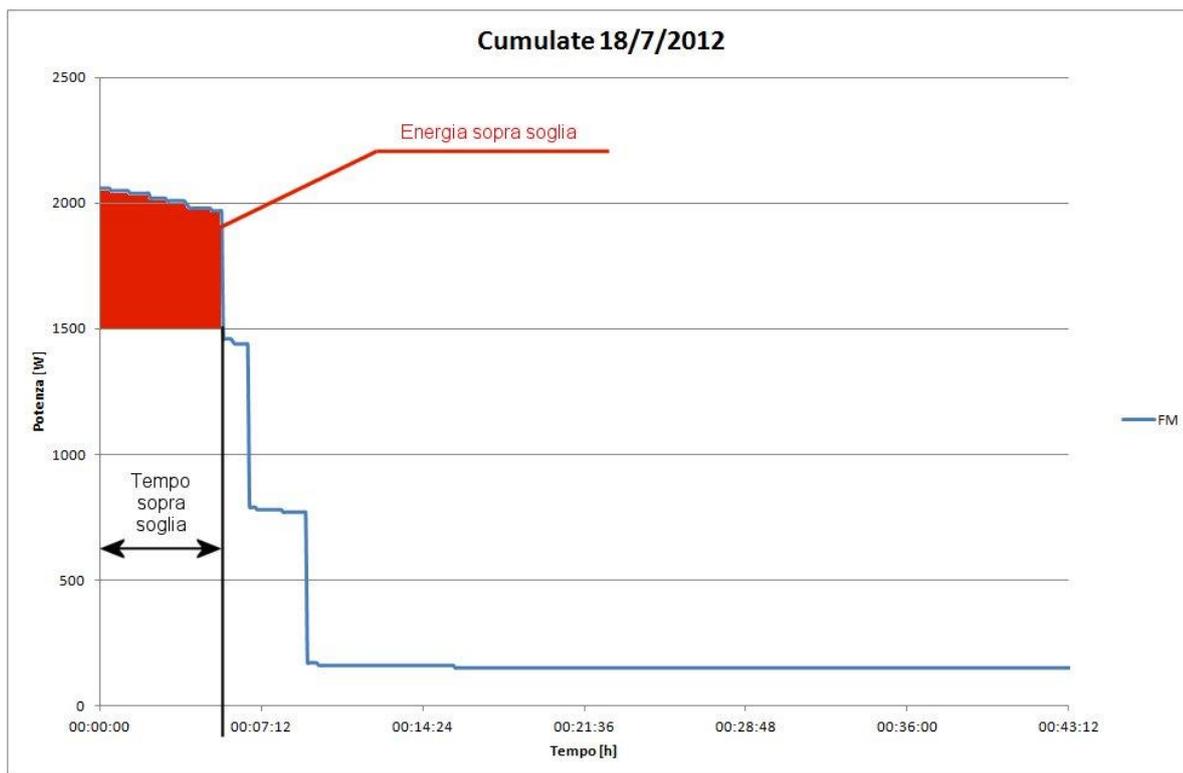


Figura 17. Esempio di utilizzo della cumulata di potenza per il dimensionamento di un accumulo elettrico.

La logica di gestione appena descritta necessita di un dispositivo di accumulo elettrico che regola la potenza erogata o il superamento di soglia da parte dell'utenza.

Questo è possibile con l'utilizzo, ad esempio, di batterie elettrochimiche abbinata ad interfacce tipo inverter alla rete e situate immediatamente a valle del punto di consegna dell'energia elettrica come indicato nell'introduzione.

Nel sito in esame, tuttavia, si è scelta come giustificato nell'introduzione una soluzione più semplice che utilizza un gruppo di continuità (UPS). L'accumulo elettrico, costituito in questo caso dall'UPS, si sostituisce alla rete nell'alimentazione di parte del carico, invece di integrare la potenza sopra soglia. L'UPS, invece, non può effettuare alcun tipo di modulazione (almeno nei modelli più economici e meno complessi) e determina quindi una discontinuità a gradino nel diagramma di carico, nell'istante del suo intervento e in quello del ritorno dell'alimentazione dalla rete.

La scelta di utilizzare un UPS permette inoltre di risolvere tutti i problemi di energia ritornante in rete, che si sarebbero avuti con l'inverter e la batteria come illustrato nell'introduzione.

Di seguito è riportata una figura che mostra come utilizzare le cumulate per il dimensionamento dell'UPS considerando una soglia di intervento di 1500 W.

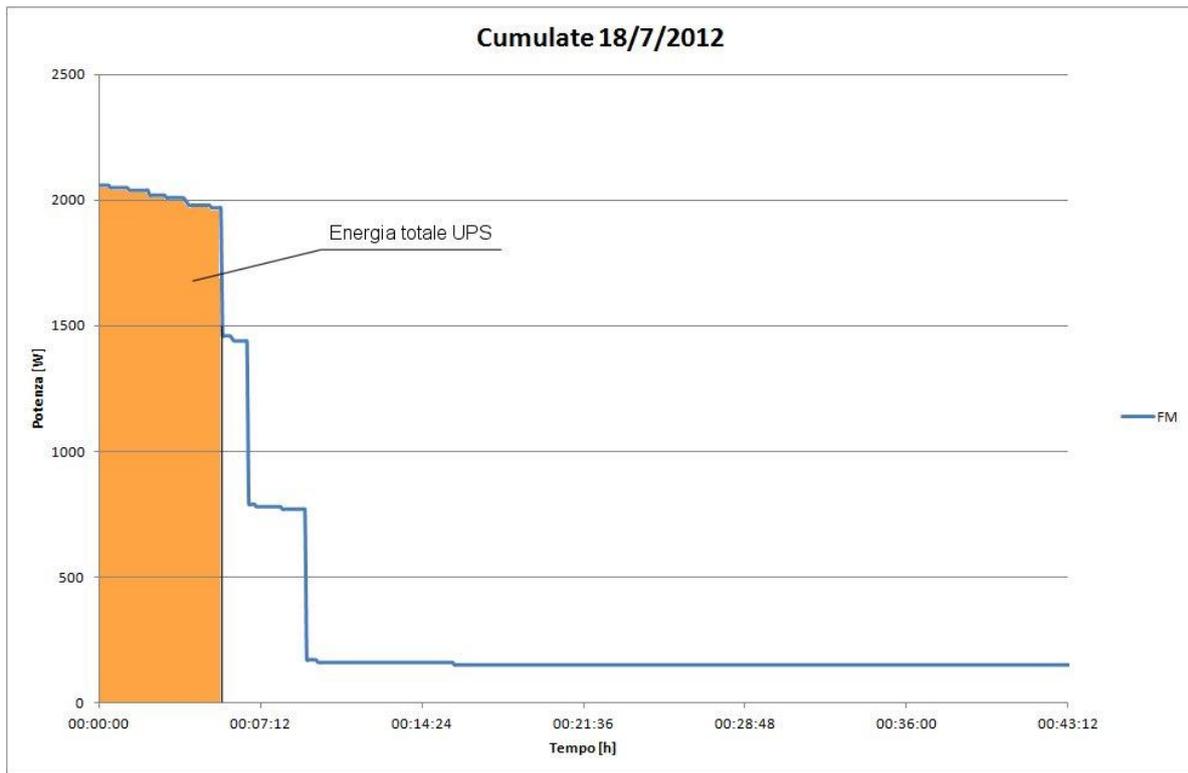


Figura 18. Esempio di utilizzo della cumulata di potenza per il dimensionamento dell'UPS.

Risulta evidente che, rispetto al caso della batteria, l'UPS sarà sovradimensionato rispetto alle reali necessità di energia tanto più alta sarà la soglia di intervento.

Dalla campagna di misure si sono ricavati i valori di energia necessari per varie soglie di potenza:

Tabella 3. Energia sopra soglia, tempo sopra soglia e energia totale UPS per varie soglie di potenza: 500W, 1000W, 1500W, 2000W.

18/07/2012	Soglie [W]	500	1000	1500	2000	19/07/2012	Soglie [W]	500	1000	1500	2000
	Energia sopra soglia [Wh]					Energia sopra soglia [Wh]					
	FM	246.5	213.1	184.9	130.0		FM	204.5	170.6	137.8	0.0
	Luce	205.2	157.3	0.0	0.0		Luce	209.3	135.1	0.0	0.0
	Totale	532.3	435.3	231.1	201.2		Totale	601.1	415.6	196.2	157.0
	Tempo sopra la soglia [h]					Tempo sopra la soglia [h]					
	FM	0.154	0.111	0.092	0.064		FM	0.140	0.093	0.069	0.000
	Luce	0.235	0.144	0.000	0.000		Luce	0.217	0.125	0.000	0.000
	Totale	0.432	0.281	0.110	0.092		Totale	0.576	0.276	0.093	0.069
	Energia totale UPS [Wh]					Energia totale UPS [Wh]					
	FM	385.3	368.6	359.1	283.3		FM	330.7	300.8	269.7	0.0
	Luce	416.4	359.5	0.0	0.0		Luce	404.3	310.1	0.0	0.0
	Totale	921.1	828.1	439.5	421.2		Totale	1119.8	802.6	373.0	323.6

20/07/2012	Soglie [W]	500	1000	1500	2000
Energia sopra soglia [Wh]					
FM		101.9	82.3	78.5	0.0
Luce		2205.9	2070.3	1925.8	379.5
Totale		2646.3	2358.9	2182.4	499.8
Tempo sopra la soglia [h]					
FM		0.071	0.043	0.040	0.000
Luce		1.399	1.214	1.083	0.168
Totale		1.690	1.271	1.126	0.211
Energia totale UPS [Wh]					
FM		165.7	142.6	155.0	0.0
Luce		3464.6	3769.8	3984.2	782.8
Totale		4167.6	4138.1	4322.6	1006.5

21/07/2012	Soglie [W]	500	1000	1500	2000	22/07/2012	Soglie [W]	500	1000	1500	2000
Energia sopra soglia [Wh]						Energia sopra soglia [Wh]					
FM		0.0	0.0	0.0	0.0	FM		1344.3	963.7	705.6	497.9
Luce		386.5	286.9	219.7	0.0	Luce		2442.1	2264.7	2094.6	2.9
Totale		506.1	316.5	239.7	0.0	Totale		4161.3	3498.6	3281.4	654.8
Tempo sopra la soglia [h]						Tempo sopra la soglia [h]					
FM		0.000	0.000	0.000	0.000	FM		0.997	0.538	0.364	0.238
Luce		0.360	0.196	0.133	0.000	Luce		1.726	1.403	1.253	0.001
Totale		0.488	0.197	0.133	0.000	Totale		2.803	1.964	1.789	0.297
Energia totale UPS [Wh]						Energia totale UPS [Wh]					
FM		0.0	0.0	0.0	0.0	FM		2242	1716	1397	1068
Luce		710.3	561.1	473.0	0.0	Luce		3996	4229	4475	6.2
Totale		944.9	592.6	493.0	0.0	Totale		6684	6248	6680	1368

23/07/2012	Soglie [W]	500	1000	1500	2000	24/07/2012	Soglie [W]	500	1000	1500	2000
Energia sopra soglia [Wh]						Energia sopra soglia [Wh]					
FM		263.3	177.5	145.9	143.8	FM		242.7	192.8	186.8	186.8
Luce		146.6	146.6	0.0	0.0	Luce		161.8	139.9	0.0	0.0
Totale		619.6	429.5	158.7	156.4	Totale		549.5	404.2	213.3	206.7
Tempo sopra la soglia [h]						Tempo sopra la soglia [h]					
FM		0.206	0.094	0.072	0.071	FM		0.160	0.096	0.092	0.092
Luce		0.135	0.135	0.000	0.000	Luce		0.169	0.129	0.000	0.000
Totale		0.639	0.304	0.072	0.071	Totale		0.475	0.258	0.096	0.092
Energia totale UPS [Wh]						Energia totale UPS [Wh]					
FM		448.3	309.7	283.1	313.8	FM		386.5	327.0	361.0	406.8
Luce		267.8	335.2	0.0	0.0	Luce		314.3	320.8	0.0	0.0
Totale		1194.6	855.3	295.9	326.4	Totale		977.0	765.9	395.4	426.7

Figura 19. Confronto tra le cumulate di potenza misurate e quelle ottenute con il modello semplificato.

In relazione a quanto esposto è stato studiato e realizzato lo schema di Fig.19

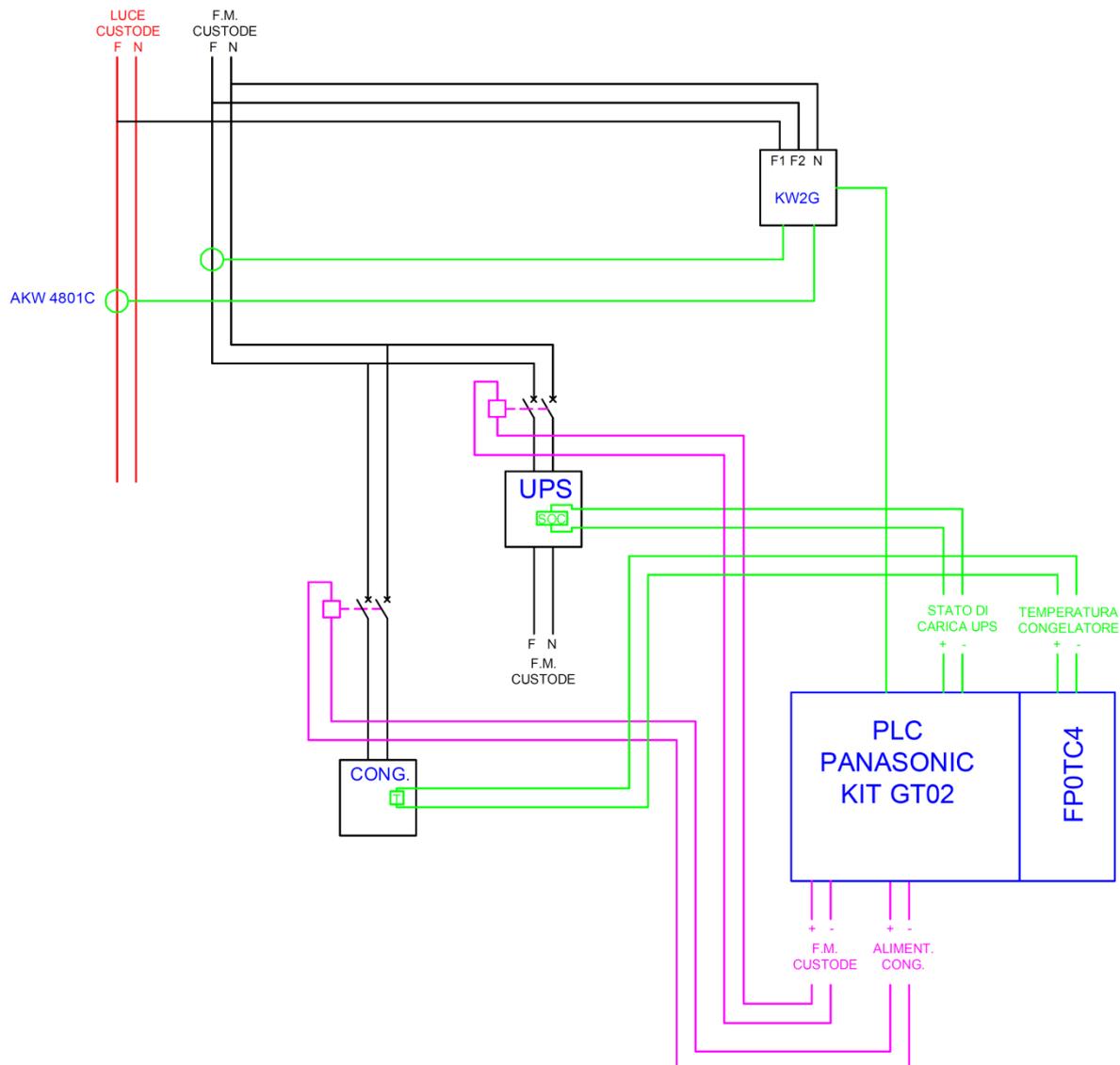


Figura 20. Schema elettrico del sistema sviluppato.

I due carichi FM custode e congelatore sono distaccabili in relazione ai valori misurati di potenza totale assorbibile dalla rete. Inoltre per ciascun accumulatore è misurato lo stato ed i rispettivi carichi sono di nuovo rialimentati dalla rete quando lo stato è al di sotto di un definito SOC (State of charge). E' evidente la semplicità dello schema e del montaggio dei dispositivi.

Il congelatore utilizzato, accumulo termico, ha le seguenti caratteristiche:

- Marca: Whirlpool
- Codice: AFG 015/G/WP

- Volume interno: 130 dm³
- Alimentazione: 230 V
- Potenza elettrica: 140 W

Il dispositivo congelatore usato è indicato nelle foto seguenti.



L'UPS è stato scelto considerando una soglia di intervento di 500 W, che corrisponde a una potenza erogata di circa 2300 W, considerando che la potenza massima assorbita in una settimana dall'appartamento è stata di 2800 W come si può dedurre dalle cumulate ed è in linea con le comuni unità domestiche aventi una potenza contrattuale di 3 kW.

Impostando una soglia di 500 W, dai calcoli sopra riportati, si ricava una capacità necessaria di almeno 400 Wh.

Di seguito sono riportati tutti i componenti utilizzati per realizzare il sistema:

Tabella 4. Dispositivi utilizzati nel sistema.

Numero	Codice	Descrizione
1	CSDL5K0AA4	RIELLO UPS SDL 5000 (5000VA 3500W per 15 min)
1	YSKCMC7A	RIELLO MULTICOM 382 – Scheda a contatti / ESD
1	KITGT02FPORC14R	Panasonic Starter Kit PLC FPOR
1	FP0TC4	Panasonic Thermocouple Unit
1	AKW2010G	Panasonic KW2G Eco-Power meter
2	AKW4801C	Panasonic Current transformer for Eco-POWER METER KW1/7M, 5A/50A, 1.5m with connector
2		Relè con 2 contatti NO
1		Termocoppia di tipo K con range -30 +20 °C

Le foto seguenti mostrano l'UPS utilizzato.



Di seguito sono riportata la foto dell'installazione provvisoria nell'edificio per le prove tecniche di buon funzionamento.



Conclusioni.

E' stato dimensionato un sistema con accumuli termico ed elettrico per la gestione del carico elettrico di una utenza domestica in grado di controllare la massima potenza richiesta dalla rete di alimentazione.

E' stata proposta una soluzione semplice e di facile istallabilità.

E' stata realizzata una istallazione presso una utenza domestica che permette di ridurre la potenza massima assorbita dalla rete elettrica di alimentazione in bassa tensione a 1,5 kW rispetto ai 3 kW contrattuali.

Appendice: dati tecnici dispositivi UPS e PLC.

LOCAL AREA NETWORKS (LAN)

SERVERS

DATA CENTERS

REGISTRATORI DI CASSA

PLC INDUSTRIALI

DISPOSITIVI ELETTRICI MEDICALI

DISPOSITIVI DI EMERGENZA (Loss/Alarm)

Sentinel Dual *High Power*

3,3-10 kVA

mono/monofase e tri/monofase

Highlights

- Installazione semplificata
- Selezione del funzionamento
- Elevata qualità della tensione in uscita
- Elevata affidabilità delle batterie
- Funzione soccorritore
- Ottimizzazione delle batterie
- Energy-Share
- Rumorosità ridotta



SENTINEL DUAL è la soluzione migliore per l'alimentazione di utenze sensibili e vitali "mission critical" e dispositivi per la sicurezza (elettromedicali) garantendo la massima affidabilità.

La flessibilità di installazione e d'uso (display digitale, batterie estraibili dall'utente) e le molte possibilità di comunicazione, fanno di SENTINEL DUAL un UPS adatto a molte applicazioni, dall'informatica alla sicurezza.

SENTINEL DUAL può essere installato a pavimento o su armadio rack per applicazioni networking.

La serie SENTINEL DUAL è disponibile nei modelli 3,3-4-5-6-8-10 kVA con tecnologia On Line a doppia conversione

(VFI): il carico viene sempre alimentato dall'inverter che fornisce una tensione sinusoidale filtrata e stabilizzata in tensione, forma e frequenza, inoltre i filtri di ingresso e uscita, aumentano notevolmente l'immunità del carico contro i disturbi di rete e i fulmini.

Tecnologia e prestazioni: funzione Economy Mode e Smart Active Mode selezionabili. Diagnostica: display digitale standard, interfacce RS232 e USB con software PowerShield3 incluso, slot di comunicazione per accessori di connettività.

Installazione semplificata

- Possibilità di installazione a pavimento (versione tower) o su armadio (versione

rack) semplicemente estraendo e ruotando il sinottico (con la chiavetta in dotazione)

- Rumorosità molto ridotta (<40dBa): per l'installazione su qualsiasi ambiente grazie alla ventilazione a controllo digitale a PWM dipendente dal carico applicato e dall'utilizzo di inverter ad alta frequenza di commutazione
- Possibilità di connessione a by-pass esterno di manutenzione con commutazione senza interruzione (SDL da 5-6-8-10 kVA)
- Caratteristiche garantite fino a 40 °C (i componenti sono dimensionati per temperature elevate quindi subiscono uno stress inferiore a temperature ordinarie)
- Disponibilità di 2 prese di uscita tipo IEC con protezione termica (SDL da 5-6-8-10 kVA)
- Sui modelli da 5-6-8-10 kVA è inoltre possibile programmare due prese di uscita da 10A (funzione Power-Share) in assenza rete.

Selezione del funzionamento

Le funzioni sono programmabili da software o impostabili manualmente da sinottico.

- On line
- Economy Mode: per aumentare il rendimento (fino al 98%), permette di selezionare la tecnologia Line Interactive (VI) per alimentare da rete, carichi poco sensibili
- Smart Active: l'UPS decide autonomamente la modalità di funzionamento (VI o VFI) in base alla qualità della rete
- Soccorritore: l'UPS può essere selezionato per funzionare solo con rete assente (modalità solo emergenza)
- funzionamento da convertitore di frequenza (50 o 60 Hz).

Elevata qualità della tensione di uscita

- Anche con carichi distorti (carichi informatici con fattore di cresta fino a 3:1)

- Elevata corrente di corto circuito su bypass
- Capacità di sovraccarico elevata: 150% da inverter (anche con rete assente)
- Tensione filtrata, stabilizzata ed affidabile (tecnologia On Line a doppia conversione (VFI secondo normativa EN62040-3) con filtri per la soppressione dei disturbi atmosferici
- Rifasamento del carico: fattore di potenza di ingresso dell'UPS prossimo a 1 e assorbimento di corrente sinusoidale.

Elevata affidabilità delle batterie

- Test batterie automatico e manuale
- Componente di ripple (dannosa per le batterie) ridotta grazie al sistema "LRCD" (Low Ripple Current Discharge)
- Batterie sostituibili dall'utente, senza l'arresto dell'apparecchiatura e dell'alimentazione al carico (Hot Swap)
- Autonomia espandibile illimitatamente tramite Battery Box dedicati con estetica modulare
- Le batterie non intervengono per mancanza rete <40 ms (hold up time elevato) e per ampie escursioni della tensione di ingresso (da 84V a 276V).

Funzione Soccorritore

Questa configurazione garantisce il funzionamento di quei dispositivi che in mancanza della rete necessitano di una alimentazione continua, affidabile e duratura, come i sistemi di illuminazione di emergenza, gli impianti di rilevazione/estinzione di incendi, di allarmi ecc. In caso di black-out l'inverter entra in funzione alimentando il carico con un avvio progressivo (Soft Start) evitando così il sovradimensionamento dello stesso.

Ottimizzazione delle batterie

L'ampio range di ingresso e un elevato valore di Hold Up Time riducono al minimo gli interventi da batteria aumentandone l'efficienza e la durata; in caso di

microinterruzioni l'energia occorrente verrà prelevata da un gruppo di condensatori opportunamente dimensionati.

Energy-Share (ver. 5÷10kVA)

La presenza di due prese d'uscita di tipo IEC 10A configurabili permette di ottimizzare l'autonomia programmando lo spegnimento dei carichi a bassa priorità; in alternativa è possibile attivare carichi di sola emergenza normalmente non alimentati in presenza di rete.

Rumorosità ridotta

Grazie al controllo digitale PWM la velocità delle ventole è regolata in funzione della temperatura dei due dissipatori interni, garantendone una maggiore durata e una riduzione della rumorosità ad un valore inferiore ai 45 dB.

Altre caratteristiche

- Tensione di uscita selezionabile (220-230-240V)
- Auto-restart (automatico al ritorno rete, programmabile via software)
- By-pass on: quando la macchina viene spenta si predispone automaticamente nel funzionamento da by-pass e con batterie in carica
- Spegnimento per carico minimo
- Preavviso fine scarica
- Ritardo di accensione
- Controllo totale a microprocessore
- By-pass automatico senza interruzione
- Utilizzo di moduli IMS (Insulated Metallic Substrates)
- Stati, misure, allarmi disponibili su display standard e retroilluminato
- Aggiornamento digitale dell'UPS (flash upgradable)
- Protezione di ingresso tramite interruttore termico ripristinabile
- Back-feed protection standard: per evitare i ritorni di energia verso rete
- Commutazione manuale su by-pass.

1. Sganciare il pannello sinottico con una pressione sui gancetti



2. Ruotare il pannello sinottico in senso antiorario e riagganciarlo



3. Ruotare l'UPS di 90°



4. Agganciare i supporti rack



Comunicazione evoluta

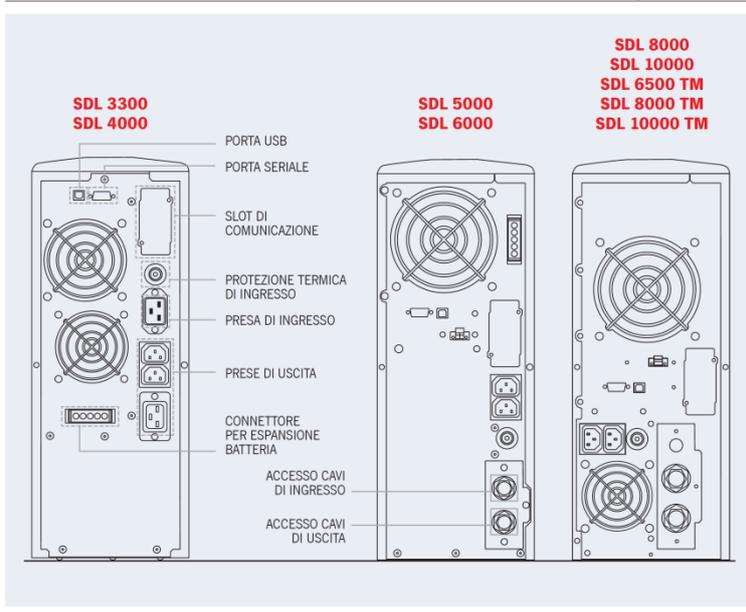
- Comunicazione evoluta, multiplatforma, per tutti i sistemi operativi e ambienti di rete: software di supervisione e shut-down Powershield³ incluso, per sistemi operativi Windows 7, 2008, Vista, 2003, XP, Linux, Mac OS X, Sun Solaris, Linux, VMWare ESX e altri sistemi operativi Unix
- Funzione Plug and Play
- Porta USB
- Porta seriale RS232
- Slot per l'installazione di schede per la comunicazione.

GARANZIA 2 ANNI

OPZIONI

- Armadi batterie per autonomie prolungate, con e senza batterie
- Rotaie telescopiche per inserimento su armadio rack

particolari



battery box

MODELLI	BB SDL 108-A4 / BB SDL 108-M1	BB SDL 192-A3/ BB SDL 192-A6	BC SDL 108-B1
MODELLI SDL	SDL 3300-4000	SDL 5000-6000 SDL 6500TM-8000-8000TM-10000-10000TM	SDL 3300-4000 Tower
Dimensioni (mm)			

4U = 176 mm; 19" = 438 mm

MODELLI	SDL 3300	SDL 4000	SDL 5000	SDL 6000	SDL 8000	SDL 10000
POTENZA	3300VA/2300W	4000VA/2400W	5000VA/3500W	6000VA/4200W	8000VA/6400W	10000VA/8000W
INGRESSO						
Tensione nominale	220-230-240 Vac					
Tensione minima	164 Vac @ carico 100% / 84 Vac @ carico 50%					
Frequenza nominale	50/60 Hz \pm 5Hz					
Fattore di potenza	> 0.98					
Distorsione di corrente	\leq 7%					
BY PASS						
Tolleranza di tensione	180 - 264 Vac (selezionabile in Economy Mode e Smart Active Mode)					
Tolleranza di frequenza	Frequenza selezionata \pm 5% (selezionabile dall'utente)					
USCITA						
Tensione nominale	220-230-240 Vac selezionabile					
Distorsione di tensione	< 3% con carico lineare / < 6% con carico distortente					
Frequenza	50/60 Hz selezionabile					
Variazione statica	1,5%					
Variazione dinamica	\leq 5% in 20 ms					
Forma d'onda	Sinusoidale					
Fattore di cresta	3 : 1					
BATTERIE						
Tempo di ricarica	4-6 ore					
TEMPI DI SOVRACCARICO						
100% < Carico < 110%	1 minuto					
110% < Carico < 150%	4 secondi					
Carico > 150%	0,5 secondi					
ALTRE CARATTERISTICHE						
Peso netto (kg)	38	40	62	64	94	95
Peso lordo (kg)	42.5	44.5	70	72	102	103
Dimensioni (LxPxH) (mm)	455 x 175 x 520 tower 483 x 520 x 175(4U) rack		455 x 175 x 660 tower 483 x 660 x 175(4U) rack		2 x 455 x 175 x 660 tower 2 x 483 x 660 x 175(4U) rack	
Dimensioni imballo (LxPxH) (mm)	540 x 620 x 280		720 x 530 x (270+15)		780 x 555 x (270+15)	
Rendimento Line-interactive/Smart Active	98%					
Protezioni	Sovracorrente - cortocircuito - sovratensione - sottotensione - termica - eccessiva scarica della batteria					
Comunicazione	USB / RS232 + slot per interfaccia di comunicazione					
Normative	EN 62040-1 EMC EN 62040-2 direttive 73/23 - 93/68 - 2004/108 EC EN 62040-3					
Temperatura d'ambiente	0°C / +40°C					
Umidità relativa	< 95% non condensata					
Colore	Grigio scuro RAL 7016					
Rumorosità	< 40 dBA a 1 m			< 45 dBA a 1 m		
Dotazioni standard	2 cavi da 10A; 1 spina IEC-16A; software; cavo seriale; chiavi per sgancio sinottico; kit maniglie			2 passacavi; puntali per intestazione cavi; software; cavo seriale; chiavi per sgancio sinottico; kit maniglie		

Specifiche generali

■ Caratteristiche tecniche unità di controllo FP0R

Tipo di prodotto		Serie C10 (Solo uscita a relè)	Serie C14 (Solo uscita a relè)	Serie C16 (Solo uscita a Transistor)	Serie C32 (Solo uscita a Transistor)	Serie T32 (Solo uscita a Transistor)	Serie F32 (Solo uscita a Transistor)
Metodo di programmazione / Metodo di controllo		Relay symbol / Cyclic operation					
Numero punti I/O	Senza espansioni (solo unità di controllo)	10 punti (Ingress: 8, Uscite: 4)	14 punti (Ingress: 8, Uscite: 6)	16 punti (Ingress: 8, Uscite: 8)	32 punti (Ingress: 16, Uscite: 16)	32 punti (Ingress: 16, Uscite: 16)	
	Con 1 espansione * (Stesso tipo di controllo espansione)	Max. 58 punti	Max. 62 punti	Max. 112 punti	Max. 128 punti	Max. 128 punti	
	Con 2 espansioni ** (Tipo relè/uscita a relè e a transistor)	Max. 106 punti	Max. 110 punti	Max. 112 punti	Max. 128 punti	Max. 128 punti	
Memoria programma		EEP-ROM (non occorre la batteria tampone)					
Capacità programma		16 k passi					
Tipo di istruzioni		Base				Ca. 110	
		Alto livello				Ca. 210	
Velocità di elaborazione		Fino a 3000 passi					
		Istruzioni base: 0.08 µsec min. Istruzioni timer: 2.2 µsec min. Istruzioni di alto livello: 0.32 µsec (Istruzione MV) min.					
		Da 3001 e passi successivi					
		Istruzioni base: 0.58 µsec min. Istruzioni timer: 3.66 µsec min. Istruzioni di alto livello: 1.62 µsec (Istruzione MV) min.					
Memoria operativa	Relè	Relè interni (R)				4096 punti	
		Timer/Counter (T/C)				1024 punti	
	Area memoria	Registro dati (DT)				32765 word	
	Registro indir. (IX, IY)	12315 word				14 word (da I/O a I/O)	
Relè di master control (MCR)		256 word					
N° di etichette (JMP e LOOP)		256 etichette					
Differenziali		Equivalente alla capacità di programma					
Passi di un ciclo sequenziale		1000 stage					
N° di subroutine		500 subroutine					
Funzioni speciali	Contatore veloce	Monofase: 6 punti (50 kHz max. cad.) / Bifase: 3 canali (15 kHz max. cad.)*					
	Uscita ad impulsi	—				4 punti (50 kHz max. cad.) Due canali possono essere controllati individualmente.*	
	Uscita PWM	—				4 punti (da 6 Hz a 4.8 kHz)	
	Ingresso cultura input/ingresso interrupt	Totale 8 punti (con contatore veloce)					
	Programma interrupt	Ingresso: 8 programmi (6 programmi solo per C10) / Periodico: 1 programma / Corrispondenza impulsi: 4 programmi					
	Interrupt periodico	In unità di 0.5 msec: da 0.5 msec a 1.5 sec / In unità da 10 msec: da 10 msec a 30 sec					
	Scansione costante	In unità di 0.5 msec: da 0.5 msec a 600 msec					
Porta RS232C		La 2 porta RS232C è presente sui modelli C10CRS, C14CRS, C16CP, C16CT, C32CP, C32CT, F32CP, F32CT, T32CP e T32CT (terminale 3 pin). Velocità di trasmissione (Baud rate): da 2400 a 115200 bit/s, distanza di trasmissione: 15 m, Metodo di comunicazione: half duplex					
Porta RS485		La 2 porta RS485 è presente sui modelli C10MRS, C14MRS, C16MP, C16MT, C32MP, C32MT, F32MP, F32MT, T32MP e T32MT (terminale 3 pin). Velocità di trasmissione (Baud rate): 19.2Kbit/s oppure 19.2Kbit/s, distanza di trasmissione: 1200m, Metodo di comunicazione: half duplex					
Manutenzione	Programma e registri di sistema	Programma e registri di sistema memorizzati in EEPROM					
	Back up di memoria	Sistema di memorizzazione EEPROM				Backup completo dell'area tramite batteria secondaria incorporata	
	Memoria operativa	Contatore: 16 punti Relè interni: 128 punti Registro dati: 315 word				Backup completo dell'area tramite FRAM (senza batteria)	
	Funzione di autodiagnosi	Watchdog timer (Ca. 690 msec), controllo sintassi programma					
Funzione orologio/calendario		—				Disponibile	
Altre funzioni		Riscrittura in modo RUN, download in modo RUN (incluso comment) impostazione password 8 caratteri, protezione caricamento programmi					

* Per le limitazioni vedere il manuale.

■ Specifiche generali (unità di controllo FP0R)

Caratteristiche	Descrizione
Tensione nominale	24 V DC
Intervallo tensione operativa	da 20.4 a 28.8 V DC
Tensione massima assenza di tensione	C10, C14, C16: 5 msec (a 20.4 V DC), 10 msec (min. 21.6 V DC) C32, T32, F32: 10 msec (min. 20.4 V DC)
Temperatura ambiente	da 0 a +55°C
Temperatura magazzino	da -40 a +70°C (da -20°C a +70°C solo per T32)
Umidità ambiente	da 10 a 95% RH (a 25°C, no condensation)
Umidità di magazzino	da 10 a 95% RH (a 25°C, no condensation)
Tensione di rottura (Corrente: 5 mA)	Tra terminali in ingresso e terminali in uscita, tra terminali in uscita e terminali di alimentazione/massa ed uscita a transistor: 500VAC per 1 min. / Tra terminali in ingresso e terminali di alimentazione/massa, tra terminali di massa e terminali di alimentazione ed uscita a transistor: 500VAC per 1 min. / Tra terminali in uscita e terminali comuni diversi in uscita ed uscita a relè: 1500VAC per 1 min.
Resistenza di isolamento (Tensione di test: 500 V DC)	Tra terminali I/O, tra terminali in ingresso e terminali di alimentazione/massa, tra terminali in uscita e terminali di alimentazione/massa, tra terminali di massa e terminali di alimentazione ed uscita a transistor: 100MQ minimo (uscita a relè minimo 100MQ) / tra terminali in uscita e terminali comuni diversi in uscita ed uscita a relè: minimo 100MQ
Resistenza alle vibrazioni	Da 5 a 9Hz, singola ampiezza di 3.5mm; 1 ciclo/min; da 9 a 150 Hz, accelerazione costante di 9.8m/s ² , 1 addolm; per 10 min. su 3 assi X,Y,Z
Resistenza agli urti	Min. 147m/s ² , 4 volte per ciascuno dei 3 assi X,Y,Z
Immunità ai disturbi	1000 V (p-p) con ampiezza impulso 50ns o 1 µsec
Condizioni di funzionamento	Ambiente libero da gas corrosivi e da eccessiva polvere

■ Specifiche ingressi (unità di controllo FP0R e espansioni)

Caratteristiche	Unità di controllo	Unità di espansione
Tensione nominale	24 V DC	
Intervallo tensione operativa	da 21.6 a 26.4 V DC	
Intervallo corrente di ingresso	Circa 2.6mA a 24V DC	Circa 2.6mA a 24V DC
Impedenza ingresso	Circa 9.1KΩ	Circa 5.1KΩ
Punti in ingresso per comune	6 punti/comune (T0), 8 punti/comune (C14, C16), 16 punti/comune (C32, T32, F32)	
Min. Tensione ON/corrente ON	19.2V/2mA	
Min. Tensione OFF/corrente OFF	2.4V/1.2mA	
Tempo di risposta	OFF → ON: 20µ o meno* Un ingresso a tempo costante può essere impostato (da 0.1 a 64ms)	2ms o inferiore
Metodo di isolamento	Fotoaccoppiatore	

* Dato che il tempo di risposta da ON a OFF è molto veloce (per l'ingresso conteggio veloce), FP0R riconosce le variazioni come segnali di ingresso. Per evitare questo, si raccomanda di impostare il time in programmazione ladder.

Specifiche generali e dimensioni **FPOR**

■ Specifiche uscite (Unità di controllo e espansioni)

A Relè

Caratteristica	Specifiche
Tipo di uscita	Normalmente aperto (1 contatto aperto)
Potenza controllata	2A 230 V AC, 2A 30 V DC (45 A) comune
Tempo di risposta	OFF → ON Circa 0 ms ON → OFF Circa 0 ms
Vita operativa	Mecanica Circa 2 x 10 ⁷ operazioni Elettrica Circa 10 ⁷ operazioni
Spigoli arrotondati	Nessuno
Uscite per comune	2 punti / comune + 1 punto / comune + 1 punto / comune (C10), 4 punti / comune + 1 punto / comune + 1 punto / comune (C14)

A transistor

Caratteristica	Specifiche	
	NPN	PNP
Tensione di uscita	A carico libero aperto 24 V DC	
Tensione di carico	Da 0 a 24 V DC	Da 0 a 24 V DC
Tensione controllata e tensione di carico	Da 4,75 a 24 V DC	Da 21,8 a 24 V DC
Massima corrente di carico	C16, C32, T32, F32: 0,2 A (punto) (Massimo 14 per terminali comuni) E16, E32, E8Y, E16Y: 0,3 A (punto) (Massimo 14 per terminali comuni)	Da 21,8 a 24 V DC
Corrente di dispersione nello stato OFF	Max 1 µA	
Caldaia di tensione nello stato ON	Max 0,2 V DC	
Tempo di risposta	OFF → ON Max 2 µs (Carico di carico: max 1 mA, max 0,1 ms) (Carico di carico: max 0,5 mA) ON → OFF Max 4 µs (Carico di carico: max 1 mA), max 2 ms (Carico di carico: max 0,5 mA)	
Alimentazione sistema	Tensione C16, E16Y, E8Y: max. 30 mA C32, T32, F32, E32Y, E16Y: max. 60 mA	Comune C16, E16Y, E8Y: max. 35 mA C32, T32, F32, E32Y, E16Y: max. 70 mA
Spigoli arrotondati	Dado Zero	
Punti in uscita per comune	8 punti / comune (C16 Y), 16 punti / comune (C32, T32, F32)	
Metodo di isolamento	Fotocopiatore	

■ Consumo di corrente

Tipo di unità	Consumo di corrente unità di controllo (24 V DC)	Consumo di corrente unità di espansione (24 V DC)
Tipo di unità FPOR	C 10	Max. 100 mA
	C 14	Max. 120 mA
	C 16	Max. 70 mA
	C 32	
	T 32	Max. 90 mA
Tipo di espansione FPOR	F 32	
	AFP0RE8X	Max. 10 mA
	AFP0RE8R	Max. 10 mA
	AFP0RE8YR	Max. 10 mA
	AFP0RE8YT/P	Max. 15 mA
	AFP0RE16X	Max. 10 mA
	AFP0RE16R	Max. 20 mA
AFP0RE16YR	Max. 20 mA	
AFP0RE16YT/P	Max. 25 mA	
AFP0RE32Y/P	Max. 35 mA	

Tipo di unità	Consumo di corrente unità di controllo (24 V DC)	Consumo di corrente unità di espansione (24 V DC)
Unità analogiche e di temperatura	FP0-A21	Max. 20 mA
	FP0-A80	Max. 20 mA
	FP0A04V	Max. 20 mA
	FP0A04I	Max. 20 mA
	FP0TC4 FP0TC8	Max. 25 mA
Unità di comunicazione	FP0-CCL5	Max. 40 mA
	FP0-IOL	Max. 30 mA
	FPWES SERVER	
AFP15402 (C-NET adattatore)	Max. 50 mA	Max. 95 mA (a 24 V DC), Max. 240 mA (a 12 V DC)

● Consumo di corrente unità di controllo: Si riferisce alla corrente consumata via connettore di alimentazione dell'unità di controllo. Se si aggiungono unità di espansione od unità intelligenti, la corrente viene aumentata del valore sopra indicato.

● Consumo di corrente unità di espansione: Si riferisce alla corrente consumata via connettore di alimentazione dell'unità di espansione. Le unità senza indicazione di valore non hanno un connettore di alimentazione.

■ Dimensioni

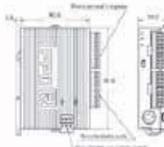
Unità di controllo ed unità di espansione * Per il tipo con uscita a relè, il blocco terminali è come quello sotto rappresentato

Unità di controllo

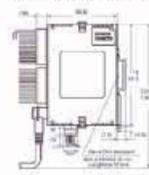
FPOR C10RS/C10CRS/C10MRS
C14RS/C14CRS/C14MRS

Unità di espansione

FPOR E8RS/E8YRS/E16RS



*Misure di riferimento per il cablaggio



● Disposizione terminali

Colonna	Colonna	Colonna	Colonna
10	11	12	13
14	15	16	17
18	19	20	21
22	23	24	25
26	27	28	29
30	31	32	33
34	35	36	37
38	39	40	41
42	43	44	45
46	47	48	49
50	51	52	53
54	55	56	57
58	59	60	61
62	63	64	65
66	67	68	69
70	71	72	73
74	75	76	77
78	79	80	81
82	83	84	85
86	87	88	89
90	91	92	93
94	95	96	97
98	99	100	101
102	103	104	105
106	107	108	109
110	111	112	113
114	115	116	117
118	119	120	121
122	123	124	125
126	127	128	129
130	131	132	133
134	135	136	137
138	139	140	141
142	143	144	145
146	147	148	149
150	151	152	153
154	155	156	157
158	159	160	161
162	163	164	165
166	167	168	169
170	171	172	173
174	175	176	177
178	179	180	181
182	183	184	185
186	187	188	189
190	191	192	193
194	195	196	197
198	199	200	201
202	203	204	205
206	207	208	209
210	211	212	213
214	215	216	217
218	219	220	221
222	223	224	225
226	227	228	229
230	231	232	233
234	235	236	237
238	239	240	241
242	243	244	245
246	247	248	249
250	251	252	253
254	255	256	257
258	259	260	261
262	263	264	265
266	267	268	269
270	271	272	273
274	275	276	277
278	279	280	281
282	283	284	285
286	287	288	289
290	291	292	293
294	295	296	297
298	299	300	301
302	303	304	305
306	307	308	309
310	311	312	313
314	315	316	317
318	319	320	321
322	323	324	325
326	327	328	329
330	331	332	333
334	335	336	337
338	339	340	341
342	343	344	345
346	347	348	349
350	351	352	353
354	355	356	357
358	359	360	361
362	363	364	365
366	367	368	369
370	371	372	373
374	375	376	377
378	379	380	381
382	383	384	385
386	387	388	389
390	391	392	393
394	395	396	397
398	399	400	401
402	403	404	405
406	407	408	409
410	411	412	413
414	415	416	417
418	419	420	421
422	423	424	425
426	427	428	429
430	431	432	433
434	435	436	437
438	439	440	441
442	443	444	445
446	447	448	449
450	451	452	453
454	455	456	457
458	459	460	461
462	463	464	465
466	467	468	469
470	471	472	473
474	475	476	477
478	479	480	481
482	483	484	485
486	487	488	489
490	491	492	493
494	495	496	497
498	499	500	501
502	503	504	505
506	507	508	509
510	511	512	513
514	515	516	517
518	519	520	521
522	523	524	525
526	527	528	529
530	531	532	533
534	535	536	537
538	539	540	541
542	543	544	545
546	547	548	549
550	551	552	553
554	555	556	557
558	559	560	561
562	563	564	565
566	567	568	569
570	571	572	573
574	575	576	577
578	579	580	581
582	583	584	585
586	587	588	589
590	591	592	593
594	595	596	597
598	599	600	601
602	603	604	605
606	607	608	609
610	611	612	613
614	615	616	617
618	619	620	621
622	623	624	625
626	627	628	629
630	631	632	633
634	635	636	637
638	639	640	641
642	643	644	645
646	647	648	649
650	651	652	653
654	655	656	657
658	659	660	661
662	663	664	665
666	667	668	669
670	671	672	673
674	675	676	677
678	679	680	681
682	683	684	685
686	687	688	689
690	691	692	693
694	695	696	697
698	699	700	701
702	703	704	705
706	707	708	709
710	711	712	713
714	715	716	717
718	719	720	721
722	723	724	725
726	727	728	729
730	731	732	733
734	735	736	737
738	739	740	741
742	743	744	745
746	747	748	749
750	751	752	753
754	755	756	757
758	759	760	761
762	763	764	765
766	767	768	769
770	771	772	773
774	775	776	777
778	779	780	781
782	783	784	785
786	787	788	789
790	791	792	793
794	795	796	797
798	799	800	801
802	803	804	805
806	807	808	809
810	811	812	813
814	815	816	817
818	819	820	821
822	823	824	825
826	827	828	829
830	831	832	833
834	835	836	837
838	839	840	841
842	843	844	845
846	847	848	849
850	851	852	853
854	855	856	857
858	859	860	861
862			

Allegato

Curriculum scientifico degli autori

Stefano Barsali

Stefano Barsali ha conseguito laurea e dottorato di ricerca in Ingegneria Elettrica presso l'Università di Pisa nel 1994 e 1998 rispettivamente.

Dal 2000 al 2006 è stato ricercatore del settore scientifico disciplinare Sistemi Elettrici per l'Energia e dall'ottobre 2006 è professore associato nello stesso settore prestando servizio presso la facoltà di Ingegneria dove è attualmente titolare dei moduli di "Sistemi di produzione dell'energia elettrica (6CFU)" e "Dinamica e controllo dei sistemi elettrici per l'energia (6CFU)" del corso di laurea magistrale in Ingegneria Elettrica.

Dal dicembre 2012 è presidente del Consiglio di Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica.

Svolge la propria attività di ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Energia dei Sistemi del Territorio e delle Costruzioni (DESTEC) dell'Università di Pisa.

Dal 2004 al 2008 ha svolto la funzione di segretario dello Study Committee C6 CIGRÉ su "Distribution Systems and Dispersed Generation" ed è stato membro di due task force CIGRÉ.

I principali temi della ricerca svolta più di recente sono:

- Riaccensione del sistema elettrico a seguito di black-out
- Sistemi di accumulo elettrochimico ed applicazioni in veicoli a propulsione ibrida
- Generazione distribuita dell'energia elettrica e fonti rinnovabili
- Modellazione degli impianti di produzione e loro flessibilizzazione

Tale attività è stata condotta sia in collaborazione con altre Università (anche nell'ambito di progetti PRIN) e con enti esterni (ENEL, CESI, AEI, GRTN, CIGRÉ, ecc.).

Parte dell'attività sul tema della generazione distribuita è svolta all'interno del già citato comitato di studio C6 e di gruppi di lavoro CIGRÉ.

Su tali temi è autore di numerose pubblicazioni scientifiche.

Romano Giglioli

Nato a San Gimignano (SI) il 02/06/1951, laureato con lode in Ingegneria Elettrotecnica nel 1976, nello stesso anno ha ricevuto il premio di Economia e Tecnica dell'Energia "G. Levi Cases".

Dal 1994 è Professore Ordinario e ricopre la cattedra di "Sistemi Elettrici per l'Energia e tecnica ed Economia dell'energia".

Attività di ricerca.

Nell'arco di più di trenta anni di attività nel settore della ricerca, in collaborazione con strutture di ricerca pubbliche e private, sia nazionali che internazionali, ha contribuito, con studi teorici e sperimentali, all'innovazione e allo sviluppo di sistemi e dispositivi per la produzione, trasporto ed accumulo (in particolare elettrochimico) dell'energia elettrica e dei sistemi di conversione energetica, nonché dei sistemi di trasporto con propulsione elettrica ed ibrida. L'attività è testimoniata da oltre un centinaio di pubblicazioni, dalla titolarità di alcuni brevetti utilizzati nell'ambito dei sistemi elettrici per l'energia ed in quelli di conversione energetica e dalla realizzazione di numerosi sistemi e dispositivi prototipali.

Tale attività è stata ed è sviluppata anche come responsabile di numerosi contratti di ricerca e coordinatore di gruppi di lavoro nell'ambito dei Sistemi per l'Energia e di quelli per il Trasporto.

Incarichi direttivi nell'ambito dell'Amministrazione Universitaria.

Dal 1995 al 2002 ha assunto l'incarico di Direttore del Dipartimento di Sistemi Elettrici e Automazione dell'Università di Pisa.

Dal 2005 al 2009 è stato Direttore del Master post laurea "Pianificazione e gestione di sistemi per l'energia da fonti rinnovabili", istituito dall'Università di Pisa con ENEL Produzione, CONFINDUSTRIA, Kyoto Club, Legambiente.

Dal 2006 è nel comitato direttivo del consorzio Interuniversitario CRIBE per la ricerca sulle biomasse ad uso energetico, che ha contribuito a costituire.

Dal 2007 è nel comitato direttivo del consorzio Nazionale Interuniversitario ENSIEI per la ricerca sui Sistemi per l'Energia, che ha contribuito a costituire.

Dal gennaio 2007 è membro del Consiglio di Amministrazione dell'Università di Pisa

Incarichi in strutture esterne all'Università.

Dal 2003 al 2009 è membro del Consiglio di Amministrazione della società ITALCERTIFER (del gruppo Ferrovie dello Stato), società per la ricerca nell'ambito dei sistemi di trasporto e per l'omologazione dei mezzi di trasporto ferroviario. Dal 2005 al 2008 è stato delegato italiano nel mirror europeo per le "smart grids". È coordinatore scientifico nell'ambito del Consorzio Regionale per l'energia CET, di cui è stato promotore. Dal maggio del 2007 è membro del Consiglio del CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano per la normativa elettrica). Valutatore di progetti di sviluppo precompetitivo L.n. 46/82 per conto del Ministero delle Attività Produttive e, per lo stesso Ministero, nel 2008 ha fatto parte del gruppo di esperti, con il compito di sviluppare l'analisi fattuale in ambito energia ed ambiente, per l'indirizzamento dei fondi strutturali per le regioni del mezzogiorno. Esperto per la valutazione dei progetti di Ricerca di Sistema per il Settore Elettrico per la CCSE. Esperto per la valutazione per il MIUR dei progetti PRIN e dei progetti PON.

Davide Poli

Davide Poli è nato a Volterra (PI) nel 1972.

Nel luglio '97 si è laureato con lode in Ingegneria Elettrica con una tesi dal titolo "Simulazione tecnico-economica di un parco di generazione idro-termoelettrico: Una tecnica per la messa a punto di contratti tra Utility e Produttori Indipendenti".

Dal 1998 al 2001 ha frequentato il corso di Dottorato di ricerca in Ingegneria Elettrotecnica, essendo risultato vincitore del concorso relativo al XIV ciclo; in tale ambito si è occupato a tempo pieno di sistemi elettrici liberalizzati (California, Spagna, Inghilterra, PJM, Italia) e di evoluzione della tariffazione per clienti idonei e vincolati nel nostro Paese.

Ha concluso il corso di dottorato con una tesi dal titolo: "Mercati elettrici liberalizzati - Analisi del funzionamento e tecniche di simulazione".

Nel frattempo, ha svolto per conto dell'Università di Pisa attività di supporto alla didattica, relativamente ai corsi di "Sistemi elettrici per l'energia II" e "Pianificazione ed esercizio dei sistemi elettrici per l'energia".

Nello stesso periodo, ha collaborato con il Dipartimento di Sistemi Elettrici e Automazione (DSEA) dell'Università degli Studi di Pisa e con alcune società di ingegneria di Pisa e Lucca per attività di simulazione e progettazione di impianti e reti elettriche, nonché per assistenza in materia energetica a piccole-medie imprese pubbliche e private.

Nell'agosto 2001 ha vinto il concorso per ricercatore universitario nel settore Sistemi Elettrici per l'Energia, afferendo al Dipartimento di Sistemi Elettrici e Automazione dell'Università di Pisa.

È stato per otto anni membro della Giunta del Dipartimento di Sistemi Elettrici e Automazione.

Dal 2004 al 2010 è stato titolare degli insegnamenti di "Sistemi Elettrici per l'Energia - Mantenimento della qualità del vettore elettrico" (Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Elettrica) e di "Sicurezza e qualità dei sistemi elettrici" (Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Elettrica).

Attualmente insegna "Qualità e affidabilità dei sistemi elettrici" al primo anno del corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica.

È responsabile scientifico di contratti di ricerca con CESI Ricerca, ENEL Ricerca, TERNA e la Società Consortile Energia Toscana, struttura che ha contribuito a costituire e a gestire; tale consorzio aggrega le principali pubbliche amministrazioni della regione Toscana per l'acquisto di energia elettrica e gas sul libero mercato, la promozione delle fonti rinnovabili e l'uso razionale dell'energia.

Le sue principali attività di ricerca sono riconducibili alle problematiche di affidabilità e sicurezza dei sistemi elettrici e a quelle di produzione, trasmissione e tariffazione dell'energia in un contesto liberalizzato, in particolare per quanto riguarda il trattamento economico e di incentivazione della generazione distribuita da fonti rinnovabili. Si occupa inoltre di mercato elettrico e del gas, nonché di valutazioni tecniche, economiche e ambientali riguardanti le diverse forme di produzione e consumo dell'energia.

Dal 2006 è presidente della sezione PI-LI-LU-GR-MS della Federazione Italiana di Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni, dopo averne ricoperto per anni il ruolo di segretario.

E' autore di circa sessanta pubblicazioni, di cui oltre la metà a carattere internazionale, nell'ambito dei sistemi elettrici per l'energia.