



Modellazione,
simulazione
e gestione di
reti di
scaldacqua
elettrici

D.Palmas

Introduzione

Definizione
del problema

Modello dello
scaldacqua
elettrico

Identificazione
dei consumi

Logica di
controllo

Risultati

Conclusioni

Modellazione, simulazione e gestione di reti di scaldacqua elettrici

Domingo Palmas
Tesi di laurea magistrale

Università di Cagliari
Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica
Relatore Prof. Alessandro Giua
Correlatore Ing. Mauro Franceschelli

31 Marzo 2014



- 1 Introduzione
- 2 Definizione del problema
- 3 Modello dello scaldacqua elettrico
- 4 Identificazione dei consumi
- 5 Logica di controllo
- 6 Risultati
- 7 Conclusioni



Gestione del carico elettrico: Demand Side Management

- 1 Gestione dei picchi di carico per la rete elettrica
 - in Italia tariffa bioraria
 - all'estero (es: Nuova Zelanda) DSM
- 2 Il **costo dell'energia** sostenuto dal Provider cambia secondo il momento dell'erogazione

Definizione del problema

Obiettivi supplementari



Modellazione,
simulazione
e gestione di
reti di
scaldacqua
elettrici

D.Palmas

Introduzione

Definizione
del problema

Modello dello
scaldacqua
elettrico

Identificazione
dei consumi

Logica di
controllo

Risultati

Conclusioni

Proporre un tipo di DSM per **gestire il carico** di un insieme di scaldacqua elettrici, supposti adatti allo scopo, per rendere più uniforme la distribuzione dell'energia consumata nell'arco delle 24 ore, attraverso azioni di *peak shaving* e di *valley filling*

Obiettivi supplementari: comfort utenti

- evitare l'eccessivo calo della temperatura
- evitare il *chattering*



- Scelta dello scaldacqua elettrico:
fase di **accumulo** dell'energia differita nel tempo rispetto
alla fase di **utilizzo** della stessa
influenza sul carico domestico totale per oltre il **30%**.
- Modello semplificato:
serbatoio d'acqua
coibentazione esterna
resistenza elettrica
- Modello matematico:
primo ordine, a parametri concentrati
 T_h variabile di stato e uscita
 Q e B ingressi

Modellazione,
simulazione
e gestione di
reti di
scaldacqua
elettrici

D.Palmas

Introduzione

Definizione
del problema

Modello dello
scaldacqua
elettrico

Identificazione
dei consumi

Logica di
controllo

Risultati

Conclusioni



$$C \cdot \dot{T}_h(t) = -G \cdot [T_h(t) - T_{out}] - B(t) \cdot [T_h(t) - T_{in}] + Q(t)$$

- T_h Temperatura acqua
- $-G \cdot [T_h(t) - T_{out}]$ Perdite pareti
- $-B(t) \cdot [T_h(t) - T_{in}]$ Ingresso acqua fredda
- $+Q(t)$ Potenza

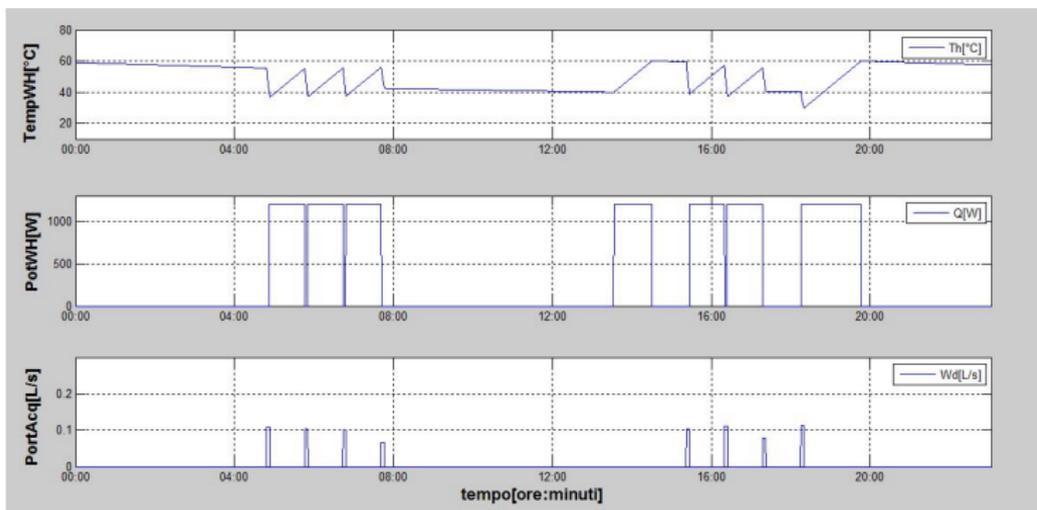
- Tipo (dati tecnici)
 - $V = 50[L]$, $S = 1.1[m^2]$
 - $V = 80[L]$, $S = 1.4[m^2]$

Descrizione del modello

Esempio di una realizzazione



Andamento di T_h , Q , Portata acqua



Modellazione,
simulazione
e gestione di
reti di
scaldacqua
elettrici

D.Palmas

Introduzione

Definizione
del problema

Modello dello
scaldacqua
elettrico

Identificazione
dei consumi

Logica di
controllo

Risultati

Conclusioni



In [Paull 09]¹ si trova un metodo per ricavare il consumo aggregato degli scaldacqua

- simulazione consumi acqua
- attivazione e disattivazione singolo scaldacqua
- carico aggregato scaldacqua

In questa tesi:

Dati: Curva carico totale (Enel), dati tecnici scaldacqua, composizione nuclei familiari (Comune di Cagliari)

Ipotesi: Curva consumi medi acqua calda

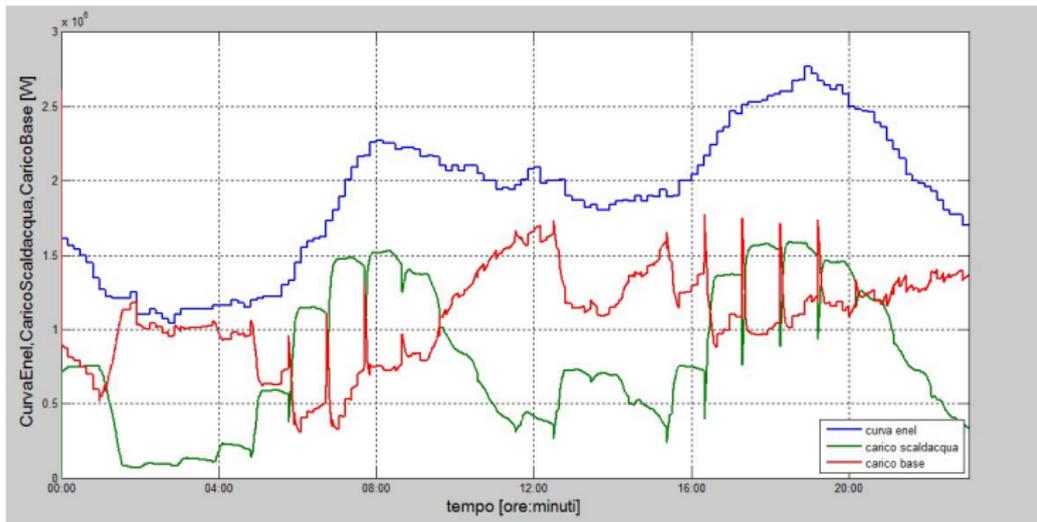
¹L. Paull, et al 2010

Identificazione dei consumi



Carico relativo a 1673 utenze domestiche

consumi base = *curva Enel* - *consumi scaldacqua*



Modellazione,
simulazione
e gestione di
reti di
scaldacqua
elettrici

D.Palmas

Introduzione

Definizione
del problema

Modello dello
scaldacqua
elettrico

Identificazione
dei consumi

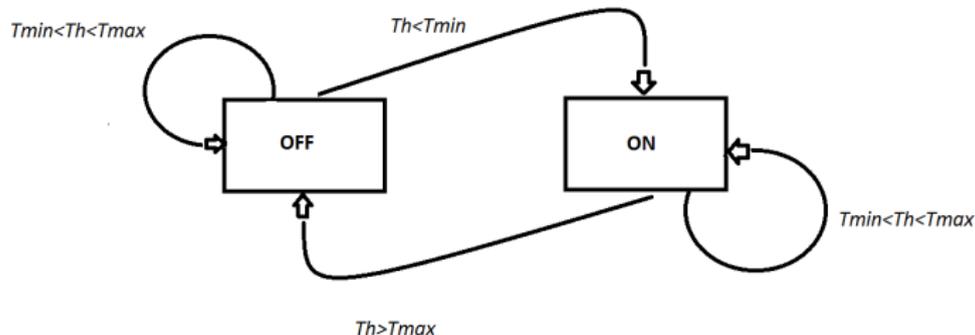
Logica di
controllo

Risultati

Conclusioni



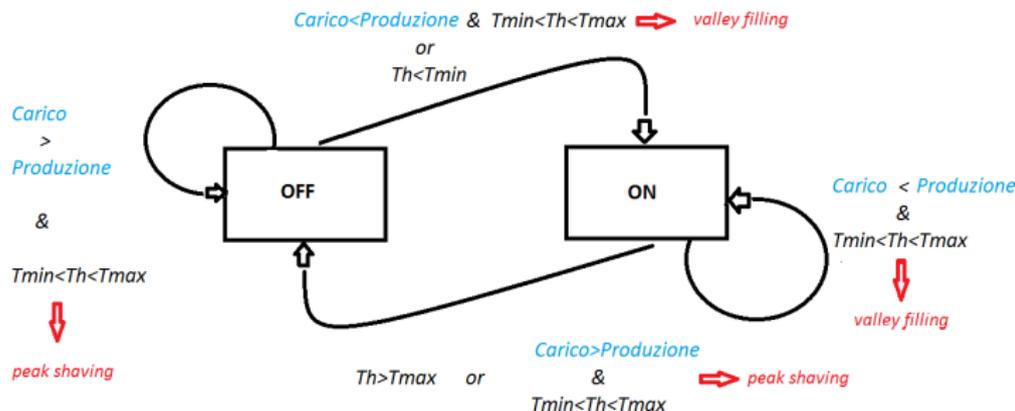
EVOLUZIONE AUTONOMA



$$T_{min} = T_{accensione} \quad T_{max} = T_{spegnimento}$$



EVOLUZIONE DINAMICA, FORZATA DAL DSM



$$T_{min} = T_{accensione} \quad T_{max} = T_{spegnimento}$$

Modellazione,
simulazione
e gestione di
reti di
scaldacqua
elettrici

D.Palmas

Introduzione

Definizione
del problema

Modello dello
scaldacqua
elettrico

Identificazione
dei consumi

Logica di
controllo

Risultati

Conclusioni



- **Errore** = $\int (\text{CaricoTotale} - \text{ProduzionePrevista}) dt$
- **caso 1**: Temperatura nominale non garantita, previsione giusta.
- **caso 2**: Temperatura nominale non garantita, previsione sbagliata.
- **caso 3**: Temperatura nominale garantita, con isteresi.

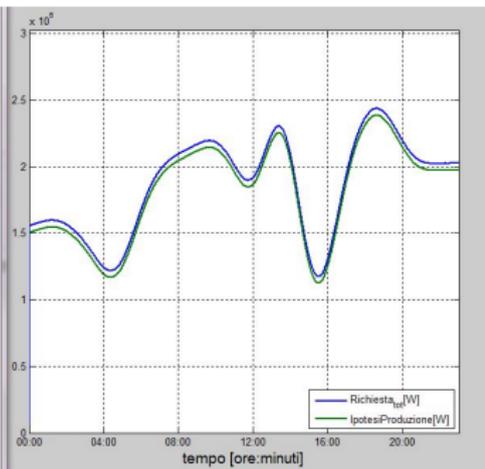
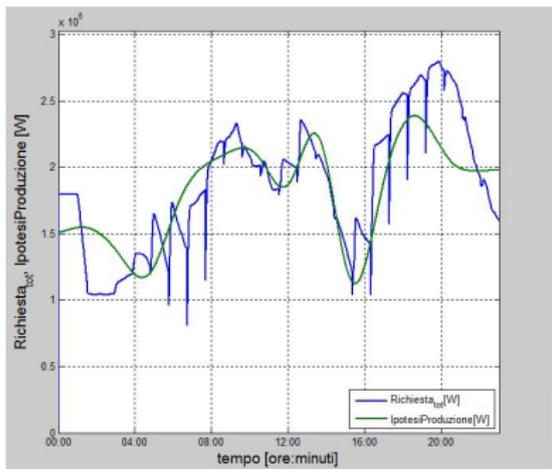
Risultati

Risultati della simulazione



caso 1

- Temperatura nominale non garantita
- Previsione giusta



Modellazione,
simulazione
e gestione di
reti di
scaldacqua
elettrici

D.Palmas

Introduzione

Definizione
del problema

Modello dello
scaldacqua
elettrico

Identificazione
dei consumi

Logica di
controllo

Risultati

Conclusioni

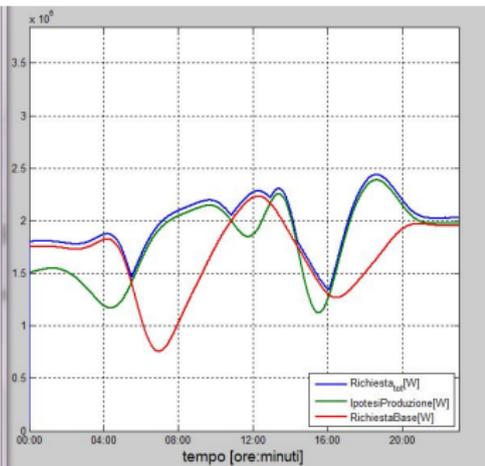
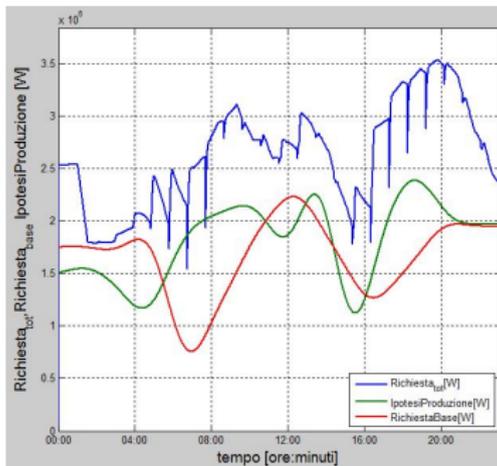
Risultati

Risultati della simulazione



caso 2

- Temperatura nominale non garantita
- Previsione sbagliata



Modellazione,
simulazione
e gestione di
reti di
scaldacqua
elettrici

D.Palmas

Introduzione

Definizione
del problema

Modello dello
scaldacqua
elettrico

Identificazione
dei consumi

Logica di
controllo

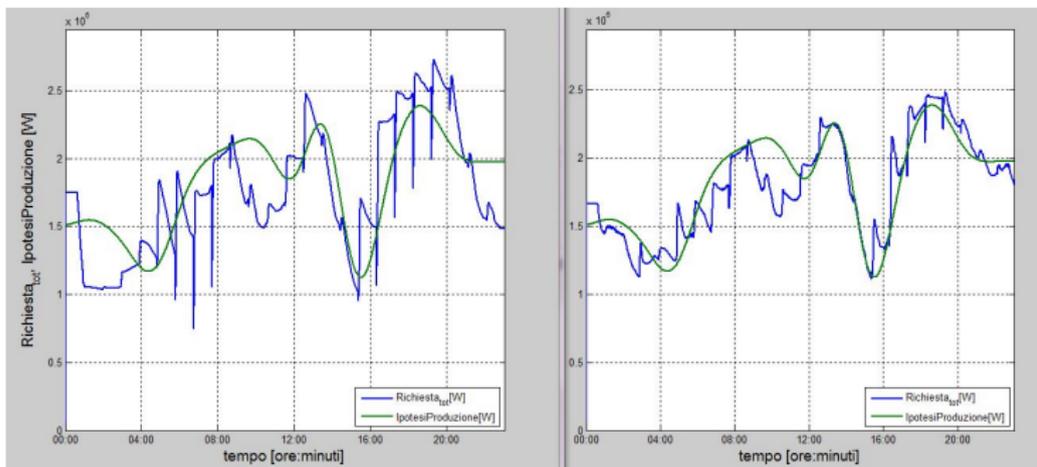
Risultati

Conclusioni



caso 3

- Temperatura nominale garantita, con isteresi sufficiente ad evitare chattering



Riduzione errore del 27% circa, 35 [MWh]



Conclusioni

- Il lavoro svolto ha consentito di simulare il carico stocastico derivante da un insieme di scaldacqua e valutare l'effetto di un possibile sistema di gestione di tale carico.
- Il DSM proposto ha consentito di influire sui consumi adattandoli alla previsione di produzione, producendo un calo dell'errore.

Ulteriori sviluppi

- Analisi dell'effetto del DSM all'istante corrente e ai successivi.
- Formulazione di un indice di qualità per il DSM.
- Rilievo diretto dei consumi domestici.

Modellazione,
simulazione
e gestione di
reti di
scaldacqua
elettrici

D.Palmas

Introduzione

Definizione
del problema

Modello dello
scaldacqua
elettrico

Identificazione
dei consumi

Logica di
controllo

Risultati

Conclusioni





GRAZIE PER L'ATTENZIONE