

Modelli Teorici per la Simulazione dei Consumi Energetici Orari

1. Introduzione

Questo documento descrive i modelli teorici e matematici utilizzati per simulare il consumo energetico orario di un'utenza domestica o industriale. Lo scopo del modello è suddividere il consumo giornaliero totale in intervalli orari per meglio comprendere e analizzare i profili di consumo. I modelli impiegati sono:

- Distribuzione Uniforme
- Distribuzione a Campana (Gaussiana)
- Distribuzione Normale
- Distribuzione Personalizzata
- Combinazione di Modelli (esempio pratico per un consumo familiare)

Ogni modello si basa su diverse ipotesi e parametri, che sono descritti nel dettaglio di seguito.

2. Distribuzione Uniforme

La distribuzione uniforme è il modello più semplice. Si assume che il consumo giornaliero totale sia distribuito equamente tra tutte le ore del giorno.

$$C_{\text{hourly}} = C_{\text{daily}} / n$$

Dove:

- C_{hourly} è il consumo orario.
- C_{daily} è il consumo giornaliero totale.
- n è il numero di ore nel giorno (tipicamente 24).

Questa distribuzione è utile per simulare scenari in cui il consumo è relativamente stabile durante la giornata.

3. Distribuzione a Campana (Gaussiana)

La distribuzione a campana simula un consumo energetico che segue un andamento simile a una curva gaussiana, con un picco di consumo in un determinato orario e un consumo ridotto durante le altre ore del giorno.

$$C_{\text{hourly}}(h) = C_{\text{daily}} \times \exp\left(-\left(\frac{h - \mu}{\sigma}\right)^2\right) / \sum_{h=0}^{23} \exp\left(-\left(\frac{h - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

Dove:

- h è l'ora del giorno (0-23).
- μ è l'ora del picco di consumo.
- σ è l'ampiezza della curva (legata alla "larghezza" del picco).
- Il denominatore normalizza la distribuzione affinché la somma delle frazioni orarie sia uguale a 1.

Questo modello è utile per simulare scenari in cui ci sono picchi di consumo, ad esempio, durante l'ora di pranzo o in serata.

4. Distribuzione Normale

La distribuzione normale è simile alla distribuzione a campana, ma utilizza una distribuzione gaussiana con parametri diversi per media e deviazione standard. La formula per il consumo orario segue la forma della distribuzione normale.

$$C_{\text{hourly}}(h) = C_{\text{daily}} \times \exp\left(-\left(\frac{h - \mu}{\sigma}\right)^2\right) / \sum_{h=0}^{23} \exp\left(-\left(\frac{h - \mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

Dove:

- μ è la media oraria del consumo.
- σ è la deviazione standard, che controlla quanto i consumi si distribuiscono intorno alla media.

5. Distribuzione Personalizzata

Questo modello consente di definire un profilo di consumo personalizzato basato su pesi per ogni ora del giorno. L'utente può specificare i pesi per ogni ora e, se necessario, normalizzarli affinché la somma sia 1.

$$C_{\text{hourly}}(h) = C_{\text{daily}} \times (p_h / \sum_{h=0}^{23} p_h)$$

Dove:

- p_h è il peso assegnato all'ora h .

Questo modello è utile per rappresentare consumi specifici di un'utenza, che possono variare significativamente in funzione delle abitudini.

6. Combinazione di Modelli: Esempio di Consumo Familiare da 3650 kWh Annuo

6.1. Calcolo del Consumo Giornaliero

Prima di tutto, calcoliamo il consumo medio giornaliero:

$$C_{\text{daily}} = 3650 \text{ kWh} / 365 \text{ giorni} \approx 10 \text{ kWh/giorno}$$

6.2. Impostazione dei Picchi

Due curve gaussiane sono utilizzate per rappresentare i picchi. Il primo picco è alle 12:00 (pranzo) e il secondo alle 19:00 (cena). Ogni curva è caratterizzata dai parametri μ e σ :

- **Prima curva (pranzo):**
 - $\mu_1 = 12$
 - $\sigma_1 = 2$ (consumo distribuito tra le 10:00 e le 14:00)
- **Seconda curva (cena):**
 - $\mu_2 = 19$
 - $\sigma_2 = 2$ (consumo distribuito tra le 17:00 e le 21:00)

6.3. Formula di Combinazione

Il consumo orario sarà dato dalla somma dei contributi delle due curve gaussiane:

$$C_{\text{hourly}}(h) = C_{\text{daily}} \times [\exp(-(h - \mu_1)^2 / (2\sigma_1^2)) + \exp(-(h - \mu_2)^2 / (2\sigma_2^2))] / \int_{h=0}^{23} [\exp(-(h - \mu_1)^2 / (2\sigma_1^2)) + \exp(-(h - \mu_2)^2 / (2\sigma_2^2))] dh$$

6.4. Distribuzione Oraria del Consumo

Applicando questa formula, otteniamo una distribuzione oraria del consumo che riflette i due picchi principali. Ogni ora del giorno avrà una frazione di consumo proporzionale alla somma delle curve gaussiane in quel momento.

7. Conclusioni

I modelli descritti consentono di simulare profili di consumo energetico orario realistici, che possono essere utilizzati per ottimizzare l'autoconsumo in impianti fotovoltaici o per analizzare la distribuzione dei consumi nel tempo.