

STATISTICA DESCRITTIVA ED INFERENZIALE PER LA SUPERVISIONE E IL MONITORAGGIO DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

S. Vergura

Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica,
Politecnico di Bari
Via E. Orabona, 4 - 70125 Bari

Sugli Impianti Fotovoltaici (IFV) realizzati è importante effettuare una azione di controllo che consenta di confrontare l'energia prodotta con quella attesa e di verificare il corretto funzionamento e le prestazioni non solo dell'intero impianto ma anche delle singole parti costitutive. Esistono indici di prestazione riconosciuti a livello internazionale – *Final PV System Yield*, *Reference Yield*, *Performance Ratio* – correntemente utilizzati per valutare le prestazioni dell'intero impianto in funzione della produzione di energia, irraggiamento e perdite del sistema [1]. Tuttavia, tali indici presentano due svantaggi: a) forniscono un'informazione grossolana sulle prestazioni di impianto; b) non consentono il controllo delle singole parti dell'IFV e quindi di individuare eventuali anomalie prima che le stesse degenerino in guasti.

Per superare tali difficoltà è stata messa a punto una procedura di supervisione e monitoraggio di IFV, basata interamente sull'analisi statistica dei dati di produzione di energia elettrica [2]-[3]. La procedura è costituita da due analisi:

- *Supervisione dell'impianto in esame*, al fine di valutare i benchmark di prestazione dell'impianto.
- *Monitoraggio dell'IFV*, al fine di verificare se i benchmark sono raggiunti.

La prima è chiaramente una procedura off-line da applicare all'intero set di dati a disposizione. Per un impianto sicuramente funzionante si ottengono i benchmark prestazionali (bisognerebbe applicarla in fase di collaudo dell'IFV), mentre per un impianto con anomalie può dare utili indicazioni per l'individuazione delle cause. Basandosi sulla *popolazione dei dati*, si utilizza innanzitutto la statistica descrittiva, integrandola successivamente con la statistica inferenziale.

La seconda è essenzialmente un'attività in real-time che consente di verificare se i benchmark di prestazione sono rispettati o meno. Dovendo dare risposte in tempi rapidi, è basata su *campioni di dati* e utilizza gli strumenti della statistica inferenziale.

La procedura proposta è valida per impianti partizionati, per i quali è possibile valutare i dati di produzione di energia elettrica per ciascun sottocampo. Tali dati sono confrontati tra loro – secondo la procedura riportata in Fig. 1 – al fine di confrontare le prestazioni energetiche dei diversi sottocampi.

Quando un intero set di dati è costituito da più gruppi, si possono ottenere informazioni importanti tramite la verifica di ipotesi, definendo un'ipotesi nulla ed una alternativa. Tale verifica può essere condotta utilizzando metodi parametrici – tipicamente l'ANOVA (ANalysis Of VAriance) – o metodi non parametrici. I primi danno informazioni più precise ma possono essere applicati a dati appartenenti a distribuzioni gaussiane con la stessa omoschedasticità, mentre i secondi sono indipendenti dalle distribuzioni (*distribution free*), ma forniscono informazioni meno precise. La procedura consente di verificare se sono soddisfatte o meno le condizioni per

l'applicabilità dell'ANOVA e sceglie di conseguenza il metodo opportuno. La stessa procedura di Fig. 1 può essere applicata per il monitoraggio in real-time dopo aver precedentemente selezionato i campioni statisticamente significativi per i diversi sottocampi.

La procedura è stata applicata ai dati energetici di un IFV reale di 20 kW, consentendo di evidenziare un errore di installazione che non si era riusciti a rilevare con gli indicatori classici di comportamento.

Bibliografia

- [1] CEI-IEC International Standard 61724- *Photovoltaic system performance monitoring- Guidelines for measurement, data exchange and analysis*, Ed. April 1998.
- [2] S. Vergura, G. Acciani, V. Amoruso, G. Patrono, *Inferential Statistics for Monitoring and Fault Forecasting of PV Plants*, IEEE-ISIE'08 - International Symposium on Industrial Electronics, June 30 to July 2, 2008, Cambridge, UK.
- [3] S. Vergura, G. Acciani, V. Amoruso, G. Patrono, F. Vacca, *Descriptive and Inferential Statistics for Supervising and Monitoring the Operation of PV Plants*, To be published on IEEE Trans on INDUSTRIAL Electronics, 2008.

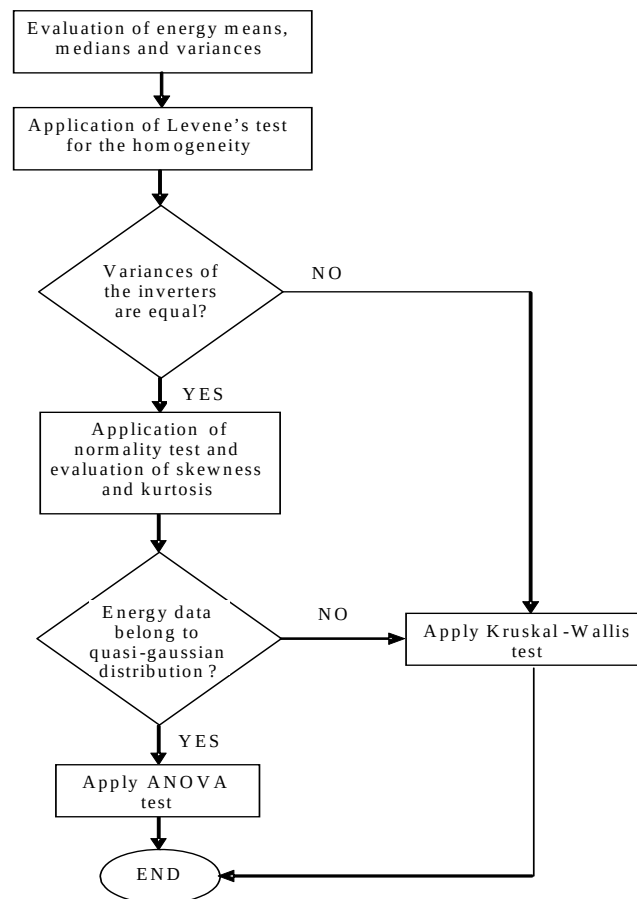


Fig. 1. Flow-chart della procedura di analisi statistica dei dati energetici