

STUDIO DI RETI INTELLIGENTI CON APPROCCIO ADATTIVO BASATO SU WAVELET

Silvano Vergura¹, Mario Carpentieri¹, Giulio Siracusano², Giovanni Finocchio²

¹Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione, Politecnico di Bari, Italy

²Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Chimica e Ingegneria Industriale, Università di Messina, Italy

e-mail autore corrispondente: silvano.vergura@poliba.it

Parole chiave: sistemi di potenza, smart grid, analisi non-stazionaria, wavelet

L'uso di strumenti avanzati di elaborazione del segnale fornisce nuovi elementi per lo studio della dinamica delle reti intelligenti (Smart GridS, SGS) quando l'esistenza di generatori distribuiti, ad es. impianti fotovoltaici, introduce disturbi sulla potenza attiva e dà luogo a comportamenti multi-modali e sollecitazioni non stazionarie intermittenti [1].

In funzione di una serie di parametri derivanti sia dalla geometria che dalla caratteristica delle linea (flussi di potenza, lunghezza delle linee, rete di bassa/media/alta tensione, linea passiva o attiva, ecc.), i disturbi possono avere diverse manifestazioni. Ad esempio, utilizzando l'analisi in frequenza per studiare un sistema di potenza, è possibile rilevare come un corto circuito si manifesta attraverso una componente ad alta frequenza [2], mentre una variazione di carico si presenta come componente a bassa frequenza [3]. Inoltre, alcuni disturbi hanno simile frequenza caratteristica, rendendo difficile distinguere una perturbazione rispetto ad un'altra. La presente attività di ricerca è concentrata sull'analisi di una linea attiva, appartenente ad una rete contenente sia linee attive che passive, prediligendo l'analisi wavelet (WA) [4] per il monitoraggio della qualità di potenza PQ. Questa tecnica è stata utilizzata per il rilevamento di eventi non-stazionari di potenza ed il riconoscimento delle caratteristiche di un'anomalia, in particolare in presenza di potenza attiva negativa. Un metodo computazionalmente efficiente ed accurato basato sulla WA [5] viene utilizzato per studiare sistematicamente le armoniche e riuscire ad individuare le anomalie anche se transitorie. I risultati hanno permesso di identificare e localizzare i malfunzionamenti, attualmente non rilevati durante il monitoraggio tradizionale della rete.

Fig. 1(a) mostra un grafico nel dominio del tempo del segnale di potenza attiva come prelevata da una linea di trasmissione in due scenari differenti: alimentata da impianti fotovoltaici di potenza complessiva rilevante (monitorata come in [6] e indicata come $P_{PV}(t)$, linea nera) e senza generatori fotovoltaici, $P(t)$ (linea rossa continua). In Fig. 1(b) sono riportati gli spettri di Fourier in entrambe le condizioni, rivelando l'esistenza di tre armoniche principali, $P1(f_{P1}=11.4\mu\text{Hz} \approx 24\text{h}^{-1})$, $P2(f_{P2}=23.3\mu\text{Hz} \approx 12\text{h}^{-1})$ e $P3(f_{P3}=34.7\mu\text{Hz} \approx 8\text{h}^{-1})$. Si segnala che il modo P3 è sostanzialmente invariante per tutti i segnali di interesse, mentre la P1 (modo principale) si sviluppa essenzialmente in ampiezza in $P_{PV}(t)$ a causa delle elevate fluttuazioni di potenza indotte dai generatori fotovoltaici. Particolarmente importante è un impulso inatteso e di non trascurabile entità, cioè il modo P2, quattro volte superiore a quello misurato in dati linea con alimentazione fotovoltaica. Questa armonica viene studiata in modo approfondito ricorrendo alla WA. Si nota che il suo periodo è coerente con il funzionamento dei generatori FV ($\approx 12\text{h}$). Lo scopo è estrarre il comportamento tempo-frequenza di ogni oscillazione al fine di studiarne le dinamiche non stazionarie nelle SGS.

La Fig. 2 illustra la rappresentazione tempo-frequenza per $P_{PV}(t)$ dove viene valutato il comportamento intermittente del modo P2. In particolare un tipico segnale "telegrafico" è evidente (segnale intermittente), suggerendo una stretta relazione tra le centrali fotovoltaiche funzionanti a regime e un irregolare assorbimento di potenza attiva.

In conclusione, il metodo proposto dimostra la capacità di studiare forme d'onda non stazionarie del sistema di alimentazione, e sebbene sviluppato per SGS, può essere usato per qualsiasi sistema dinamico complesso non lineare.

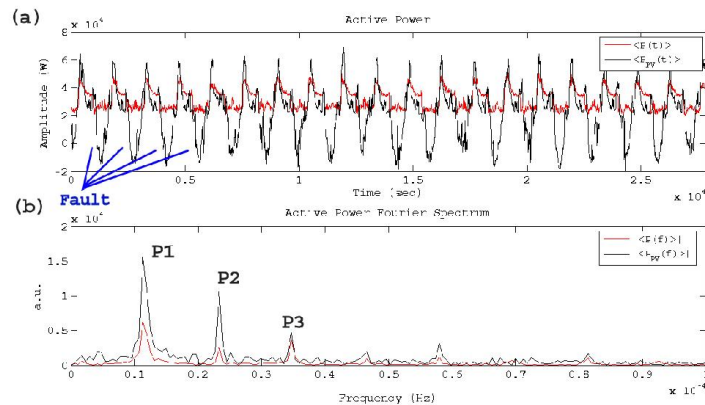


Fig. 1: (a) Potenza attiva media per una linea connessa a generatori distribuiti $\langle P_{PV}(t) \rangle$ (linea nera) e per una linea senza generatori distribuiti $\langle P(t) \rangle$ (linea rossa). (b) Spettro di Fourier di $P_{PV}(t)$ (linea nera) e $P(t)$ (linea rossa), che evidenzia la differente ampiezza delle armoniche principali ($f_{P1}=11.4\mu\text{Hz} \approx 24\text{h}^{-1}$, $f_{P2}=23.3\mu\text{Hz} \approx 12\text{h}^{-1}$, $f_{P3}=34.7\mu\text{Hz} \approx 8\text{h}^{-1}$).

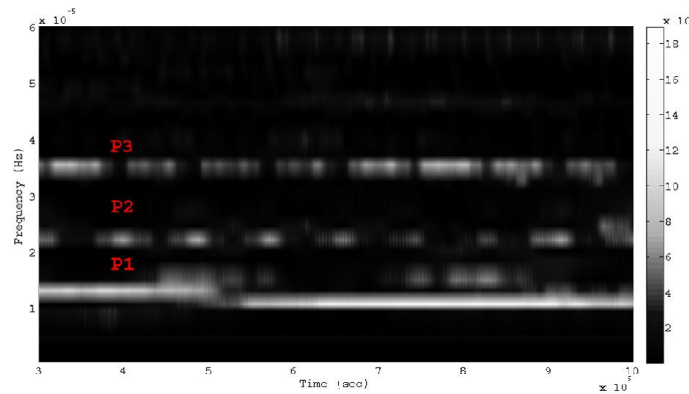


Fig. 2: Diagramma di $P_{PV}(t)$ nel dominio tempo-frequenza, calcolato attraverso la WA a supporto dell'estrazione accurata della modalità anomala P2.

BIBLIOGRAFIA

- [1] K. Koziy, G. Bei, J. Aslakson, "A low-cost power-quality meter with series arc-fault detection capability for smart grid", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 28, N. 3, pp. 1584-1591 (2013).
- [2] Y. Guo, C. Li, Y. Li, S. Gao, "Research on the Power System Fault Classification Based on HHT and SVM Using Wide-area Information", Energy and Power Engineering, Vol. 5, pp. 138-142 (2013)
- [3] N. Senroy, S. Suryanarayanan, P. F. Ribeiro, "An Improved Hilbert-Huang Method for Analysis of Time-Varying Waveforms in Power Quality", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 22, N. 4, pp. 1843-1850 (2007).
- [4] J. C. Goswami, A. K. Chan, Fundamentals of Wavelets. Theory, Algorithms and Applications, 1st ed. (Wiley-Interscience, Hoboken, NJ, USA, 2000).
- [5] G. Siracusano, A. La Corte, "A comparison between advanced time-frequency analyses of non-stationary magnetization dynamics in spin-torque oscillators", Physica B, 435, pp. 66-70 (2014).
- [6] S. Vergura, G. Acciani, V. Amoroso, G. E. Patrono, and F. Vacca, "Descriptive and inferential statistics for supervising and monitoring the operation of PV plants", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 56, N. 11, pp. 4456-4464 (2009).