

# UN METODO COMBINATO CWT-DWT PER IL RICONOSCIMENTO DI SEGNALI DI SCARICHE PARZIALI

P. Romano, G. Ala, P. L. Buccheri, R. Candela, F. Viola

Università di Palermo - Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e delle  
Telecomunicazioni

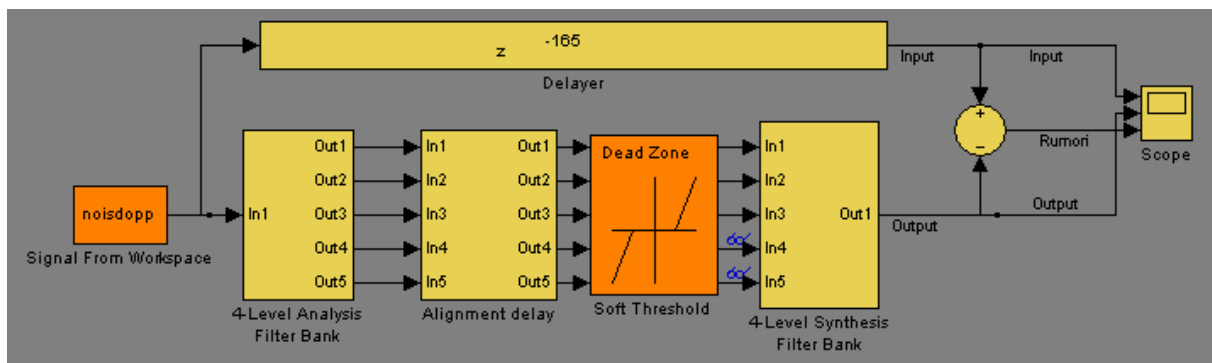
Viale delle scienze 90128 Palermo

L'utilizzo di apparecchiature per il rilievo di segnali dovuti alle scariche parziali che utilizzano sensori con solo accoppiamento galvanico hanno dato un rinnovato impulso alle tecniche diagnostiche dei sistemi di isolamento elettrici effettuate *on-site* e spesso anche *on-line*. In tali condizioni l'incremento dei disturbi e delle interferenze elettromagnetiche che affliggono le apparecchiature di misura ha reso indispensabile lo sviluppo di moderne tecniche di *denoising* per l'analisi dei segnali, sia nel dominio del tempo che della frequenza. In particolare, sono stati sviluppati filtri hardware (tipo DSP filtering) e filtri digitali (FIR, IIR, filtri adattivi e non-adattivi) o metodi basati sulla Trasformata di Fourier. Questi metodi di soppressione del rumore hanno, però, applicazione limitata nel campo delle misure di segnali a banda stretta e non-stazionari i quali subiscono notevoli variazioni durante il monitoraggio. In questo ambito si sono sviluppate tecniche di elaborazione dei segnali basate sulla trasformata Wavelet, la quale si presta in modo efficace allo studio di segnali non-stazionari. Tali metodiche hanno trovato applicazione anche nell'ambito delle misure di scariche parziali che, come noto, rappresentano dei segnali fortemente aleatori.

Nel campo della diagnostica dei componenti di impianti le misure di scariche parziali (PD) sono utilizzate come strumento di verifica della qualità e della durata di vita dei componenti stessi. Con l'avvento delle tecniche di misura digitali anche in questo settore di ricerca si è avuto un grosso sviluppo di sistemi di rilevazione in grado di eseguire misure *on-site*. In questi casi assumono un'importanza fondamentale le tecniche di separazione del segnale dal rumore e dalle interferenze dovute alle apparecchiature presenti in prossimità del sito di misura. Sono state, quindi, sviluppate varie tecniche di *denoising* basate sull'applicazione della trasformata. In particolare, l'utilizzo di differenti famiglie di Wavelet ha consentito di affrontare vari aspetti legati all'analisi delle scariche parziali quali la separazione del segnale di scarica dal rumore (*Daubechies*), il riconoscimento delle diverse tipologie di fenomeni di scarica noto come "*pattern recognition*" (*Gaussian, Mexican Hat*) e la rivelazione di guasti ad elevata impedenza (*Morlet*) [1, 2].

La nuova tecnica sviluppata si basa sull'utilizzo combinato della Trasformata Wavelet Continua (CWT) e della Trasformata Wavelet Discreta (DWT). L'utilizzo della CWT serve a calcolare i coefficienti di un elenco di Wavelet prescelte, effettuando automaticamente, sulla base di mirati calcoli sui valori massimi, la scelta della Wavelet che più si avvicina alla forma della scarica rilevata dal sistema di acquisizione. Una volta effettuata la scelta della famiglia Wavelet e individuati i coefficienti dei filtri FIR da utilizzare in fase di *denoising*, si applica il processo di decomposizione e successiva ricostruzione dei segnali mediante la DWT.

Il modello implementato con *simulink* utilizza i blocchi, banco filtri di analisi e di sintesi diadico unitamente alla tecnica del *thresholding* per rimuovere il rumore da un segnale in ingresso (Figura 1).



**Figura 1 – Esempio di modello simulink a quattro livelli di decomposizione e ricostruzione**

Il blocco *Signal From Workspace* permette l'introduzione del segnale di input. Un segnale sotto forma di matrice viene trattato come un segnale multicanale, dove ogni canale corrisponde ad una colonna della matrice.

Il blocco *4-Level Analysis Filter Bank*, equivale al banco filtri di analisi diadico con 4 livelli di decomposizione. Esso decompone un segnale a banda larga in un insieme di sottobande con larghezza di banda più piccola e velocità di campionamento più bassa. I banchi filtri di analisi sono costruiti attraverso le unità di base che possono essere messe in cascata per costruire banchi filtri di analisi ad N-livelli con una struttura ad albero simmetrica o asimmetrica. Ogni unità è composta da una coppia di filtri FIR passa - basso (LP) e passa - alto (HP) seguito da un'unità di decimazione di un fattore 2, i cui coefficienti sono quelli individuati tramite l'applicazione della CWT per la selezione della wavelet migliore. I filtri sono filtri a metà-banda con frequenza di cut-off (limite) di  $F_s / 4$ , un quarto della frequenza di campionamento dell'ingresso. Ogni filtro fa passare la banda di frequenze che l'altro filtro invece blocca. L'unità decompone il suo ingresso in adiacenti sottobande di alta e bassa frequenza. Paragonato al segnale di ingresso, ogni sottobanda ha metà della larghezza di banda (dovuta al filtro di metà-banda) e metà della velocità di campionamento (dovuta al fattore 2 di decimazione).

Il blocco *Delay Alignment* contiene tante linee di ritardatori per quante sono le uscite dai filtri di decomposizione. I ritardi sono stati modificati opportunamente, in base al numero di livello di decomposizione, per permettere ai coefficienti wavelet di giungere contemporaneamente al blocco di *thresholding*.

Il blocco di *Soft Threshold* implementa la tecnica del *Thresholding* attraverso l'inserimento di un vettore che imposta i livelli di soglia.

Il blocco *4-Level Synthesis Filter Bank* rappresenta la parte speculare del blocco "banco filtri di analisi diadico a 4 livelli" e si occupa di ricostruire il segnale precedentemente decomposto. Esso è costruito a partire da una unità di base, la quale può essere messa in cascata per creare un banco filtri di sintesi con N-livelli. Ognuna di queste unità è composta da una coppia di filtri FIR passa basso (LP) e passa alto (HP) preceduti da un blocco di interpolazione di un fattore 2. Anche questi filtri sono filtri di metà-banda ed hanno una frequenza di cut-off (limite) pari a  $F_s / 4$ , un quarto della frequenza di campionamento dell'ingresso. Il modello presentato è un'evoluzione del modello presentato in 2 e ha prodotto un significativo miglioramento dei risultati ottenuti.

- [1] A. Abate, G. Ala, R. Candela, P. Romano: "DWT-based method for partial discharge pattern recognition" Communications to SIMAI Congress ISSN 1827-9015, Vol. 2 (2007) DOI: 10.1685/CSC06133 pp.1-5.
- [2] R. Candela, P. Romano "An improved Wavelet-based denoising method for on-site partial discharge measurements" IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Virginia Beach, USA, October 18-21, 2009, pp.429-432.