

SISTEMI A MICROONDE PER LA BONIFICA DEI CONTAMINANTI DEI CEREALI

M. Bozzetti, A. D'Orazio, M. De Sario, V. Petruzzelli, F. Prudeniano
Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica - Politecnico di Bari - Via Re David 200 -
70125 Bari, Italy - E-mail: petruzzelli@poliba.it

N. Diaferia, V. Dimiccoli
ITEL Telecomunicazioni S.r.l. - Via A. Labriola, 39 - 70037 Ruvo di Puglia (Bari), Italy
E-mail: diaferia.n@itelte.it, Internet: www.itelte.it

Abstract

A new microwave based technique is proposed in order to prevent and/or eliminate parasites that infest cereals while they are being stocked in the mills. The investigated microwave system is made of a stirring chamber suitably designed in order to be introduced in the cereal industrial production chain without drastic breakpoint. A computer code, based on the Transmission Line Matrix method, has been suitably implemented in order to design the particular geometry of the stirrers and to evaluate the microwave propagation characteristics of the resonant cavity and the best conditions for the electromagnetic field uniformity in the region where the cereals stay.

1. INTRODUZIONE

Le attuali tecniche per il trattamento delle derrate alimentari e, in particolare, dei cereali in granella per la bonifica e la prevenzione dall'attacco di infestanti biologici, si basano prevalentemente sull'uso di prodotti chimici insetticidi o fumiganti. Tali tecniche di disinfestazione biologica, anche se regolate da severe normative, introducono seri problemi di impatto ambientale sia nella fase del trattamento, sia in quella dello smaltimento dei residui tossici. Nella catena di produzione dei cereali, fino all'introduzione nei mulini, le fasi di conservazione e stoccaggio sono cruciali, richiedendo elevati indici qualitativi del prodotto, minato da agenti esterni (batteri, funghi, muffe e artropodi) o da condizioni ambientali sfavorevoli. Una soluzione innovativa, alternativa alle suddette tecniche, proposta in questa memoria, fa ricorso al principio di termalizzazione delle microonde che consente di elevare la temperatura corporea delle forme biotiche infestanti al di sopra della loro temperatura letale. Si rende necessario realizzare una regione di spazio, contenente i cereali da trattare, con distribuzione del campo elettromagnetico sostanzialmente uniforme per indurre un effetto di riscaldamento delle sole forme biologiche infestanti, costituite in gran parte da acqua, e senza produrre evidenti effetti sulle granaglie, che contengono acqua in percentuale decisamente inferiore.

In questo lavoro si riportano i risultati di uno studio di fattibilità sulla utilizzazione di una camera riverberante, operante alle frequenze delle microonde (frequenza dei magnetron commerciali $f_0=2.45$ GHz), di particolare geometria per evitare di stravolgere e/o condizionare gli impianti esistenti dal punto di vista meccanico-strutturale. I miglioramenti che questa tecnica introduce riguardano, quindi, sia il rispetto dell'ambiente, sia, in termini economici, i costi limitati del trattamento, non prevedendo l'interruzione del ciclo degli impianti produttivi. Il progetto della camera riverberante è affrontato con la tecnica della Matrice delle Linee di

Trasmissione (TLM) [1] e i risultati delle simulazioni sono confrontati con quelli ricavati con la tecnica della Integrazione Finita (FI) nel dominio del tempo in una versione commerciale [2].

2. MISURA DELLA PERMITTIVITA' COMPLESSA DEL GRANO

La permittività dielettrica complessa di alcuni tipi di grano e di farine è stata misurata nel laboratorio di Microonde del Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica del Politecnico di Bari utilizzando un banco di misura costituito da un analizzatore di rete vettoriale, un PC munito di opportuna scheda di acquisizione GPIB e di software di gestione della misura e una sonda coassiale Agilent 85070C (testa di misura). Il sensore è essenzialmente costituito da una guida d'onda coassiale troncata da una flangia metallica di dimensione finita per consentire un efficiente contatto con i materiali liquidi e semisolidi da caratterizzare. Per la misura della permittività dielettrica complessa si sono utilizzati diversi campioni di grano con differente grado di macinatura /polverizzazione/triturazione/schiacciamento, ognuno, quindi, caratterizzato da presenza di diversa quantità di aria e, quindi, da densità differente. Ad esempio, in Fig.1 è riportato l'andamento della parte reale della permittività dielettrica relativa ϵ'_r misurata nell'intervallo di frequenze 0.5-3 GHz per 4 differenti valori di grado di macinatura, crescente a partire dalla curva più bassa (la quantità di aria si riduce passando dalla curva più bassa a quella più alta). Inoltre, il valore della parte immaginaria ϵ''_r varia da circa 0.12 a 0.25 all'aumentare del grado di macinatura misurato per una frequenza $f=2.45$ GHz.

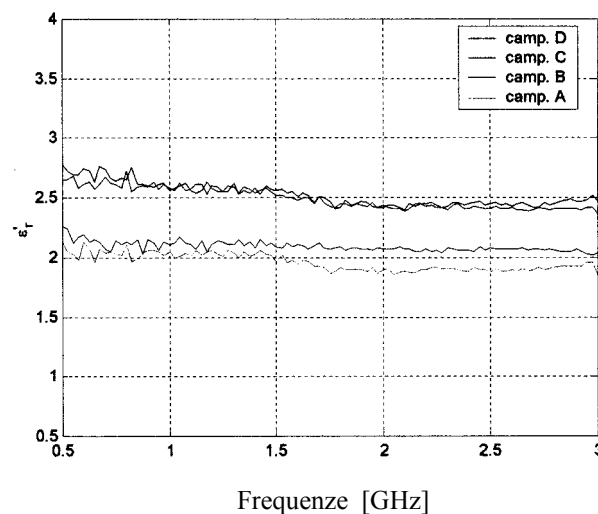


Fig.1: Parte reale della permittività dielettrica relativa ϵ'_r del grano con diverso grado di macinatura.

2. ALGORITMO TLM PER L'ANALISI ELETTOMAGNETICA

L'appropriato codice di calcolo messo a punto, basato sul TLM [1], presenta il vantaggio, rispetto a quelli commerciali, di poter valutare, con ampia flessibilità, effetti e geometrie opportune sia delle pareti della camera, sia degli agitatori modali. Inoltre, si possono valutare le prestazioni del sistema in termini di uniformità del campo elettromagnetico al variare delle condizioni di eccitazione a seconda, cioè, del numero e della posizione dei magnetron. La struttura analizzata è costituita da una cavità

risonante metallica a sezione circolare, mentre le granaglie sono contenute in un tubo cilindrico interno di materiale PVC, trasparente alle microonde, e sono messe in movimento nella direzione assiale mediante una elica metallica (coclea) che assume anche funzione di agitatore modale. Tale struttura è normalmente già presente nella catena di lavorazione dei cereali nei mulini come trasportatore, per cui la trasformazione in camera riverberante per il trattamento disinfettante richiede soltanto poche e semplici modifiche e, soprattutto, il processo di bonifica non comporta dannose interruzioni lungo la filiera di produzione. Allo scopo di semplificare l'applicazione del TLM con celle elementari cubiche, la cavità risonante a sezione circolare è stata approssimata con una equivalente a sezione rettangolare. Le dimensioni geometriche di tale cavità risonante equivalente devono garantire lo stesso volume di quello della cavità a sezione circolare e lo stesso numero di modi risonanti nell'intervallo di frequenza $\Delta f = 0.1$ GHz intorno alla frequenza centrale $f_0 = 2.45$ GHz dello spettro di emissione dei magnetron commerciali. Infatti, una buona efficienza per la riverberazione di cavità risonanti richiede la generazione di almeno 20 modi risonanti nell'intervallo di frequenze operative del magnetron. La struttura analizzata, che, per il momento, possiede dimensioni scalate rispetto a quelle reali, presenta un raggio $r = 22.6$ cm ed una lunghezza $L = 48$ cm e un numero di modi risonanti pari a $N_m = 27$, mentre la struttura rettangolare equivalente ha stessa lunghezza e sezione quadrata di lato $l = 40$ cm. Inoltre, la coclea, che possiede un diametro di 16 cm, è stata discretizzata in ogni sezione di calcolo con un settore circolare molto stretto con inclinazione variabile lungo la direzione longitudinale. Per tutte le simulazioni con il TLM si è scelto un passo di maglia $\Delta l = 0.01$ m e un numero di passi temporali pari a 1000. La coclea in rotazione viene simulata valutando il campo elettromagnetico come media di quelli calcolati fissando 4 posizioni nel periodo di rotazione della stessa coclea (abbiamo verificato che passando a 8 posizioni i risultati praticamente non cambiano). Per la valutazione dell'uniformità $U(z, f)$ il campo elettrico è stato valutato, per tutta l'osservazione temporale di calcolo, in 4 punti su 4 sezioni lungo la camera riverberante, situati nella regione comprendente il grano all'interno del contenitore in PVC. Dopo aver effettuato la trasformata di Fourier del campo elettrico calcolato, in ogni sezione si valuta l'uniformità $U(z, f)$ come differenza fra i valori massimo e minimo dell'ampiezza del campo elettrico per ogni frequenza. Il calcolo della uniformità è stato effettuato con e senza la presenza del grano.

3. RISULTATI NUMERICI

Il codice di calcolo messo a punto è stato validato utilizzando un software commerciale basato sulla tecnica delle Integrazioni Finite (IF) [2]. Il segnale di eccitazione, posizionato a distanza $z = 16$ cm sulla parete superiore della camera riverberante, è rappresentato da una funzione periodica sinusoidale modulata da una gaussiana di durata temporale $\tau = 8$ ns con larghezza di banda in frequenza circa uguale a 0.9 GHz centrata intorno alla frequenza di lavoro f_0 del magnetron. Dalla Tab.I, che riporta i valori dell'uniformità calcolati a frequenza f_0 con i due metodi sulle quattro sezioni equidistanziati lungo la direzione assiale, si può osservare che i risultati dell'uniformità, calcolati con la tecnica IF, sovrastimano quelli ottenuti con il codice di calcolo TLM, implementato in ambiente Matlab, assumendo un valore decisamente maggiore in corrispondenza della sezione dove è posizionata l'eccitazione. Nelle altre 3 sezioni di

Tab.I: Uniformità $U(z, f_0=2.45 \text{ GHz})$ del campo elettrico calcolato su 4 sezioni lungo la direzione assiale z .

	$z=0 \text{ cm}$	$z=16 \text{ cm}$	$z=32 \text{ cm}$	$z=48 \text{ cm}$
TLM	0.013	0.009	0.013	0.011
IF	0.020	0.052	0.031	0.027

calcolo l'andamento si mantiene sostanzialmente costante e pari a circa 0.012 per il TLM e 0.027 per la tecnica IF. In Fig.2, che mostra l'andamento dello spettro dell'uniformità $U(z, f)$ del campo elettromagnetico in presenza (curva tratteggiata) ed in assenza (curva continua) del grano con l'eccitazione in $z=16 \text{ cm}$, si può notare che, per le frequenze considerate e utilizzando i valori di permittività dielettrica misurati del grano, la camera riverberante presenta una migliore uniformità (minori variazioni sia in frequenza che lungo la direzione assiale) nel caso di cavità caricata. Inoltre, abbiamo verificato che, aggiungendo una seconda sorgente nella sezione $z=32 \text{ cm}$, il valor medio dell'uniformità, nell'intorno dello spettro di frequenza di funzionamento del magnetron, migliora del 20 % circa. Nella presentazione della memoria verranno riportate le misure di uniformità della camera riverberante, il cui prototipo verrà realizzato dalla ITEL Telecomunicazioni, azienda in possesso di un brevetto analogo a quello presentato in questa memoria, finalizzato alla bonifica dei manufatti d'arte.

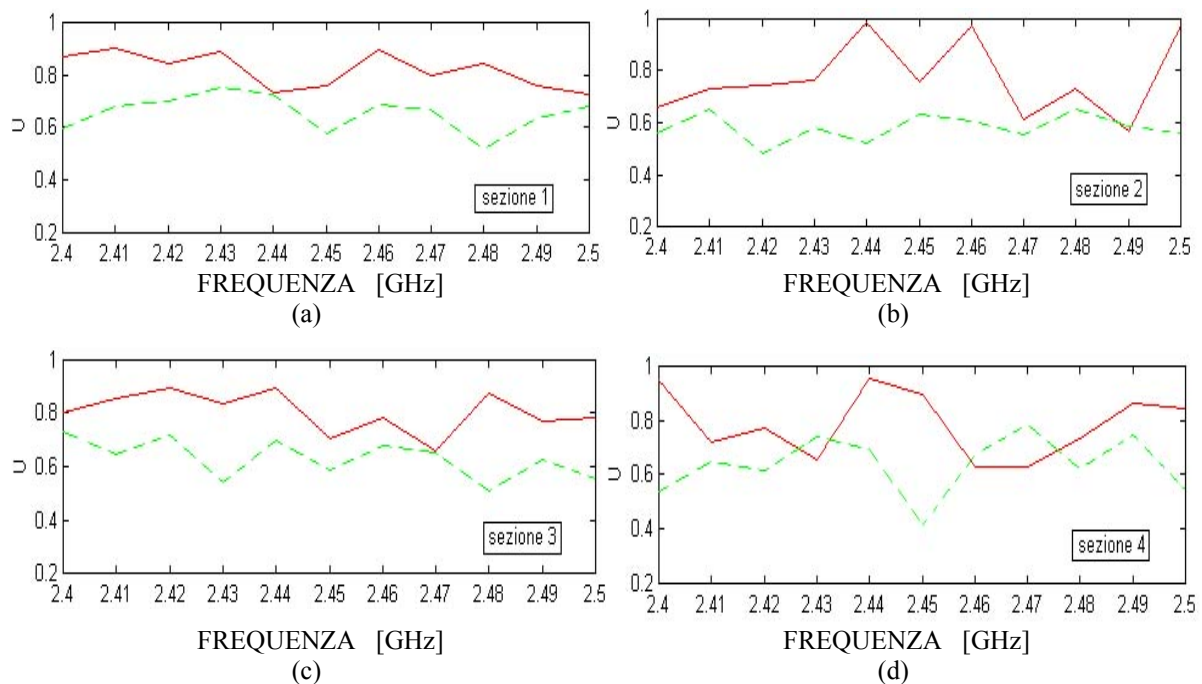


Fig.2: Spettro di $U(z, f)$ con (curva tratteggiata) e senza grano (curva continua): a) $z=0 \text{ cm}$; b) $z=16 \text{ cm}$; c) $z=32 \text{ cm}$; d) $z=48 \text{ cm}$.

REFERENCES

- [1] P. B. Johns, "A Symmetrical Condensed Node for the TLM Method," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-35, n. 4, pp. 370-377, 1987.
- [2] M. Clements, T. Weiland, "Discrete Electromagnetism with the Finite Integration Technique," Journal of Electromagnetic Waves/ Progress in Electromagnetic Research, 2001.