

N. 10: Onde elettromagnetiche: effetti sulla materia e sugli organismi

Introduzione alle radiazioni elettromagnetiche

Un campo magnetico variabile¹ induce un campo elettrico analogamente variabile con creazione di protoni in agitazione creando un campo elettromagnetico ondulatorio e viceversa una corrente elettrica che passa in una spirale crea un campo magnetico e quindi un'energia potenziale o un movimento (es. elettrocalamita) (v. scheda fig. 1).

(Def.) La luce ha caratteristiche di: **energia** che si manifesta come radiazioni elettromagnetiche con onde oscillanti in due piani ortogonali (campo elettrico e campo magnetico) e di **materia** costituito da un flusso di particelle (fotoni o quanti) dotati di energia e velocità costante (300.000 Km/sec).

Le caratteristiche principali di questa forma di energia sono la lunghezza d'onda (o inversamente la frequenza misurata in cicli al secondo o Hertz), "l'altezza" massima delle onde (v. fig. 2) e la densità o intensità dell'energia (A)².

Le fonti che emettono energia elettromagnetica, quindi correnti di elettroni, sono diverse: naturali come i lampi ed i fulmini che scaricano in un attimo differenze di potenziale (+/-) che si manifestano fra nuvole e terra, le alte temperature del plasma solare e le esplosioni atomiche che si verificano con maggiore o minore intensità sul sole, e fra queste le onde luminose, ma anche artificiali come ad esempio l'energia elettrica in c.a. trifase a 380 Volts o monofase a 220 Volts che produciamo con alternatori, cioè macchine che realizzano l'alternanza +/- in statori fissi esterni costituiti da spirali di filo conduttore in rame isolato e un rotore magnetizzato (poli + e -) che ruota a 50 cicli/secondo (Hz) azionati da turbine o motori alternativi (vedi schema semplificato fig. 3) ed utilizziamo nell'industria e nelle abitazioni.

La potenza determinata dal prodotto $V \times A$ nelle correnti continue (c. c.) e $V \times A \times \cos Q$ nelle correnti elettriche alternate (c. a.) dove Q lo sfasamento fra le onde elettriche e magnetiche. La frequenza è di 50 Hertz (cicli al secondo) in Europa e di 60 Hz negli Stati Uniti.

¹ La nota calamita (costituita da dipoli magnetici di segno + e -) costituisce un campo magnetico fisso di energia potenziale che si esprime attirando dei metalli o può divenire attiva inducendo una corrente elettrica se attraversa una spirale conduttrice (es. filo di rame) v. fig. 1.

² Es. voltaggio (V) misurata in Volts e l'intensità misurata in ampère (A) di una corrente elettrica alternata (c.a.).

Tipologie ed effetti delle O.E.M. sui materiali e sugli organismi

Le onde elettromagnetiche si presentano con caratteristiche ed effetti diversi: hanno lunghezza d'onda quindi frequenze diverse ed energia inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda: bassa per grandi lunghezze d'onda (Radio) più elevata per la luce (dall'infrarosso al violetto nello spettro visibile) frequenza elevatissima alle radiazioni ionizzanti (es. raggi X usati per radiologia e raggi gamma e microonde per i Maser) che portano a dissociare legami chimici di gas (elettroni di valenza) nell'atmosfera creando gas inquinanti.

Alla lunghezza d'onda (λ) che varia fra meno di 100 km (10^5 m) e meno di 100 nanometri (10^{-9} metri) corrisponde la frequenza delle inversioni al secondo (Hertz) che corrispondono rispettivamente a 3KHz e più di 300 THz (TeraHertz = 10^9 cicli/sec).

La tabella 4 sintetizza le varie tipologie di O.E.M. con le caratteristiche di frequenza e corrispondente lunghezza d'onda.

Le O.E.M. a parità di potenza emessa hanno effetti inversamente proporzionali alla frequenza:

- **sui materiali** possono indurre aumento di temperatura, reazioni chimiche molecolari di scissione o composizione di molecole in quanto agiscono sugli elettroni di valenza e sugli stessi atomi in quanto agiscono sui protoni del nucleo provocando fissioni (cioè impoverendo il nucleo) o fusioni (arricchendo il nucleo di protoni) cioè **cambiando l'elemento**;
- **sugli organismi** agendo sulla composizione delle cellule (es. fotosintesi clorofilliana) o evidenziandone la composizione (es. radiografie) o modificando alcuni componenti od addirittura distruggendo le cellule.

Più in dettaglio:

- le onde elettromagnetiche e fra queste la luce nei suoi componenti e quelle prossime dall'infrarosso all'ultravioletto hanno effetti sui sistemi chimici e biologici: promuovono od inibiscono reazioni chimiche;
- le onde non ionizzanti NIR (con lunghezza d'onda da 10 Km a 10^{-7} m dei raggi UV) hanno influenza sugli organismi viventi: enzimi, sintesi proteica, sterilizzazione (es. raggi UV), pastorizzazione di alimenti (es. microonde)
- le radiazioni ionizzanti attraversano la materia rendendola semitrasparente secondo la composizione e la densità (es. radiologia) ma anche agendo su di essa modificandola o inducendo degradazioni immediate e/o sviluppatasi nel tempo. Quindi sono indispensabili precauzioni relativamente a intensità delle radiazioni, tempo di esposizione e frequenza in caso di ripetizioni, zona soggetta alla radiazione. L'esposizione al sole specie in corpi scarsi di melatonina e le reazioni che ne conseguono sono ben conosciute (es. eritemi).

Le O.E.M. interferiscono con i protoni degli atomi e possono comportare vari fenomeni come ad esempio trasformarsi:

- In energia termica in una Resistenza (es. stufa elettrica) o luminosa in una lampadina ad incandescenza³ (traslazione di elettroni);
- In onde radio, televisive, microonde, radar⁴,... ed altri impieghi come ad esempio i **condensatori** che fungono da magazzini istantanei della c. a. e la sfasano, utilizzati nelle lampade fluorescenti, per l'avviamento di motori elettrici a c.a. monofase): non visibili, ottenute da rotazioni o vibrazioni di elettroni;
- Spostamento/spezzatura di elettroni esterni dell'atomo: quelli che interessano anche le reazioni chimiche (es. luce, lampi,...) cioè riguardano elettroni di valenza (es. ossigeno O₂ in ozono O₃);
- Spezzatura (fissione) o arricchimento (fusione) di elettroni interni all'atomo cioè fenomeni nucleari con radiazioni ionizzanti, radioattività anche di lunga durata assorbita da elementi anche normalmente non radioattivi.

Il campo E.M. naturale è presente su tutto il pianeta ma è statico (Hz = 0) generato dalle cariche di segno opposto (potenziale) presenti sulla terra e sulla ionosfera.

Le onde luminose e la fotosintesi clorofilliana

(Def.) La luce ha caratteristiche di: **energia** che si manifesta come radiazioni elettromagnetiche con onde oscillanti in due piani ortogonali (campo elettrico e campo magnetico) e di **materia** costituito da un flusso di particelle (fotoni o quanti) dotati di energia e velocità costante (300.000 Km/sec).

Nella tab. 4 si vede in quale campo di frequenza si collocano le onde luminose nella gamma delle frequenze.

La vista cioè porzione della luce insieme con udito, tatto, odorato, gusto è soprattutto oggi il principale dei sensi che mettono l'uomo in rapporto diretto con la natura. Un effetto importante della luce si ritrova nel mondo vegetale con la fotosintesi clorofilliana.

Piante e microrganismi dotati di clorofilla⁵ in presenza di aria, di acqua e di luce assorbono l'energia luminosa ed attivano il processo di fotosintesi che in pratica consiste nella reazione chimica fra acqua (H₂O) e anidride carbonica dell'aria (CO₂) che dà luogo a glucosio (C₆H₁₂O₆), uno zucchero semplice e libera ossigeno (O₂) secondo la reazione

³ Queste lampadine sfruttano (sfruttavano) la resistenza di un filamento (carbone, tungsteno,...) che si riscalda fino ad emettere energia luminosa contenuto in uno spazio (bulbo) semivuoto o con un gas inerte. Le moderne fonti di illuminazione a basso consumo fanno passare scariche elettriche in opportuni gas (es. neon) oppure emettono luce da componenti quali i LED (Low Emission Diode).

⁴ Riguardano dispositivi che funzionano nel campo di frequenza estese dall'infrarosso all'ultravioletto ed anche ai raggi X. Def. LASER: amplificazione della luce stimolata da emissione di radiazioni; MASER: amplificazione di microonde stimolata da emissione di radiazioni.

⁵ Clorofilla: complesso di sostanze organiche () sintetizzate dalle cellule con il citoplasma dotate di cloroplasti () caratterizzati dal colore verde che sottoposte alla luce solare danno luogo al processo biochimico di fotosintesi.

$6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$, **entrambi essenziali per la specie umana ed animale**

- L'**ossigeno** indispensabile alla respirazione in quanto consente all'uomo di utilizzare "bruciando" in CO_2 il proprio magazzino energetico (zuccheri, grassi,...) per svolgere attività fisiche ed intellettive;
- Il **glucosio** in una fase successiva (f. oscura) si trasforma in zuccheri più complessi (carboidrati) rappresentabili con la formula $\text{C}_{12}(\text{H}_2\text{O})_{12}$ i quali polimerizzano (si moltiplicano in catene) dando luogo ad amidi, cellulosa, ecc ed in presenza di elementi quali azoto (N), fosforo (P), potassio (K) ed anche zolfo (S), magnesio (Mg) si trasformano assumendo funzioni di sostegno, di sviluppo, di magazzino energetico e di organi specializzati come fiori, frutti e semi per la riproduzione.

Energia elettrica a corrente alternata (c. a.) e radiazioni

L'energia elettrica originata da alternatori (macchine rotanti, azionata da motori come turbine o motori alternativi diesel costituiti sostanzialmente da un magnete o da un circuito induttore rotante percorso da c.c. e da uno statore con più circuiti (es. 3 → trifase) di spire isolate in cui viene indotta la corrente elettrica alternata o modificata come tensione intensità di corrente (voltaggio/amperaggio) che viene trasferita mediante elettrodotti ad elevato voltaggio (es. 30.000 volts) e ridotta a 220 volts (monofase) e 380 volts (trifase) utilizzata nell'industria e nelle abitazioni (lavatrici, televisori, asciugacapelli, ecc) ha una bassa frequenza (Hz = 50 in Europa Hz = 60 negli USA) e la pericolosità dipende solamente dal voltaggio per cui fili ed apparecchi sono isolati secondo normative europee (CE). Quindi non si parla di inquinamento.

Per apparecchi che utilizzano/emettono onde a frequenza più elevata anche se non ionizzanti (televisioni, ripetitori, microonde, ecc) non sono del tutto chiare le influenze sui vari organi dell'uomo.

Onde elettromagnetiche e inquinamento

L'astronave Terra viaggia nelle onde elettromagnetiche del cosmo naturali come la luce, i fulmini ed i raggi cosmici o individuate e gestite nel tempo dall'uomo: campi elettrici e magnetici con onde lunghe fra 10 e 100 Km a onde atte alla comunicazione (es. radio, televisione) alla individuazione di cose (es. radar) ed a terapie con microonde di lunghezza dal metro ai 10 cm ed onde ionizzanti cioè che destrutturano gli atomi come la bomba atomica o possono rilevare la struttura interna del corpo come i raggi X o distruggere delle cellule hanno frequenza altissima dell'ordine di $(3 \times 10^{17} : 10^{22} \text{ Hertz})^6$ e trovano applicazioni importanti nella medicina.

⁶ Hertz = numero di cicli al secondo (es. onde con frequenza di 3×10^9 Hz cioè 9 miliardi, hanno lunghezza inferiore al metro) le onde luminose ($3 \times 10^{14} - 10^{15}$ Hz).

Nella tabella 4 sono riportate inoltre le caratteristiche dimensionali delle onde elettromagnetiche. L'OMS ha definito l'inquinamento e.m. una fra le quattro principali fonti di rischio per l'uomo e gli animali.

In ogni caso è un settore non ancora del tutto conosciuto, determinato da diversi parametri come l'intensità, la frequenza e la forma delle onde, gli effetti del tempo di esposizione sono ancora fonte di discussioni fra gli esperti.

Le O.E.M. sono una composizione di onde elettriche (E) e magnetiche (M) oscillanti in piani ortogonali (a 90° fra loro v. schema) piani o rotanti con forme d'onda sinusoidale o diversa anche aperiodica (ad impulsi). Fra le radiazioni a bassa frequenza si hanno azioni mediche positive (cicatrizzazioni di ferite, laserterapia,...) ed influenze sui processi tecnologici industriali (es. sterilizzazione, pastorizzazione con accelerazione di reazioni chimiche e biochimiche) e l'uso domestico (forni a microonde).

Fig. 1 – Schema creazione di una corrente elettromagnetica

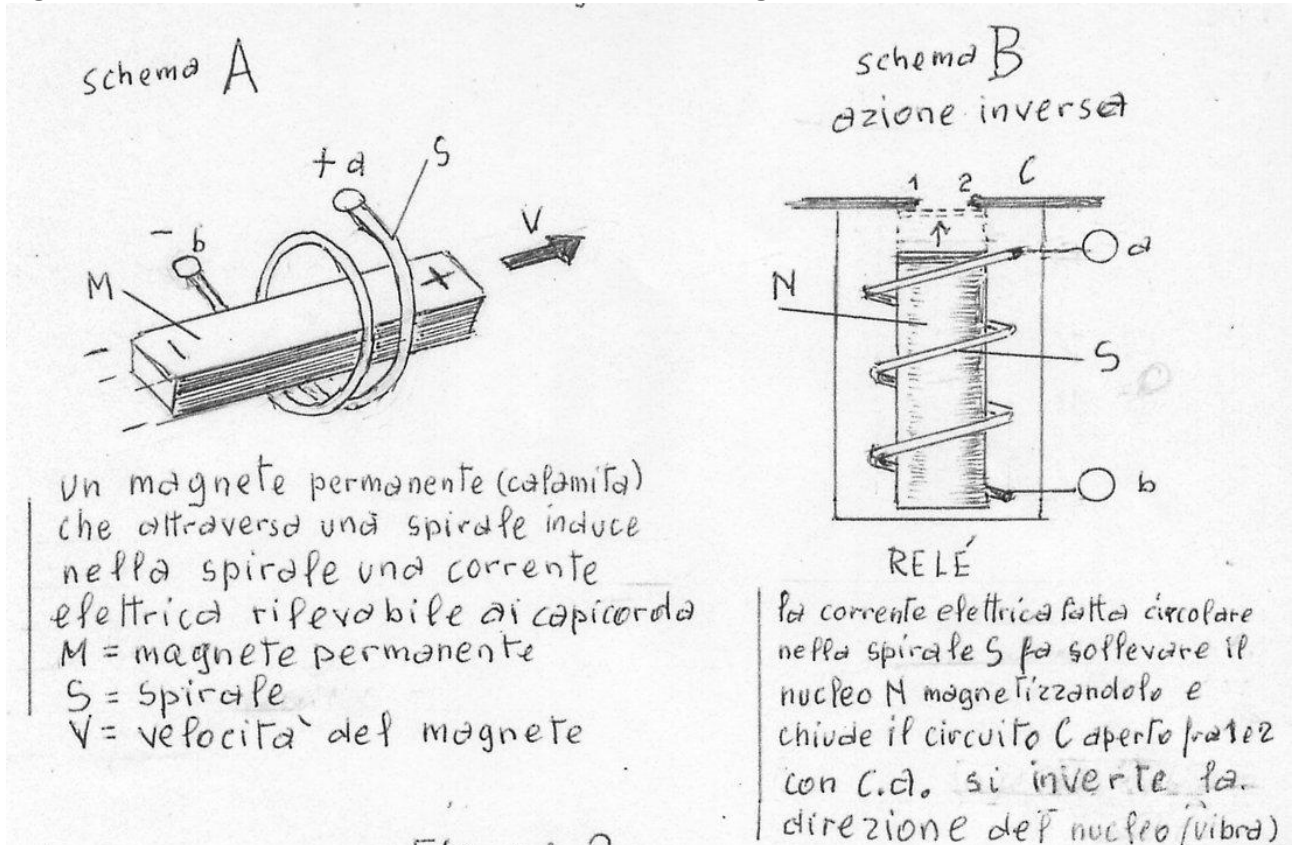


Fig. 2 – Schema raffigurante onde elettromagnetiche piane

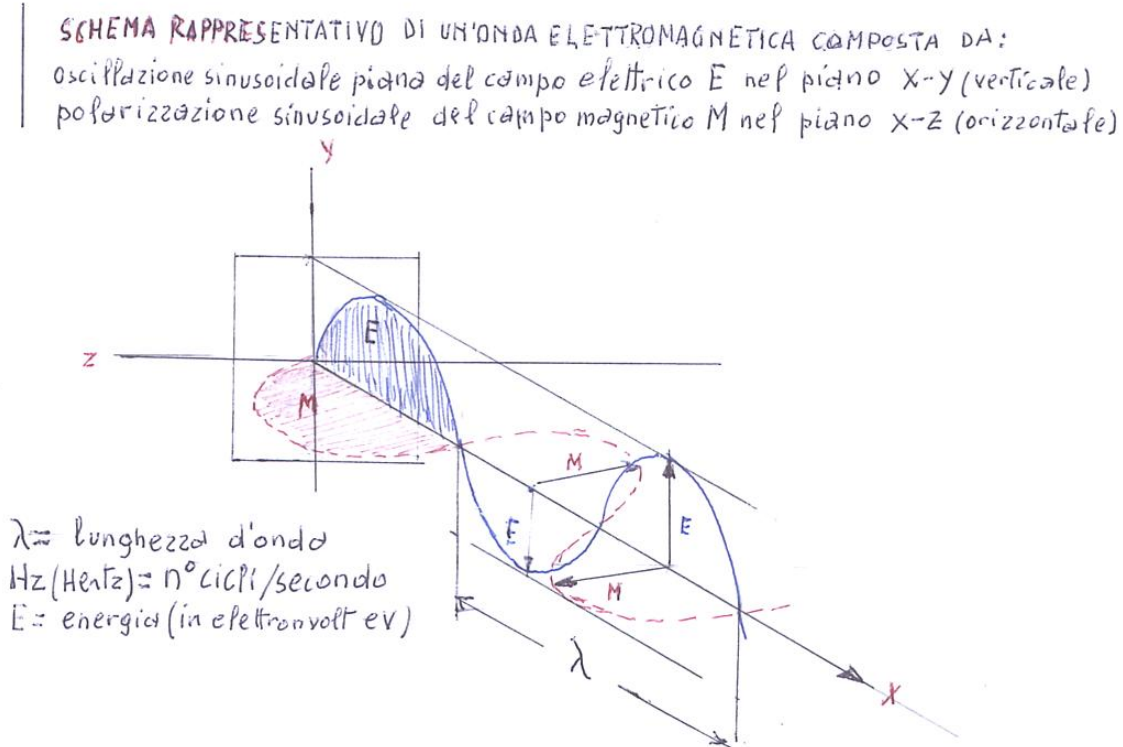


Fig. 3 – Schema di alternatore trifase

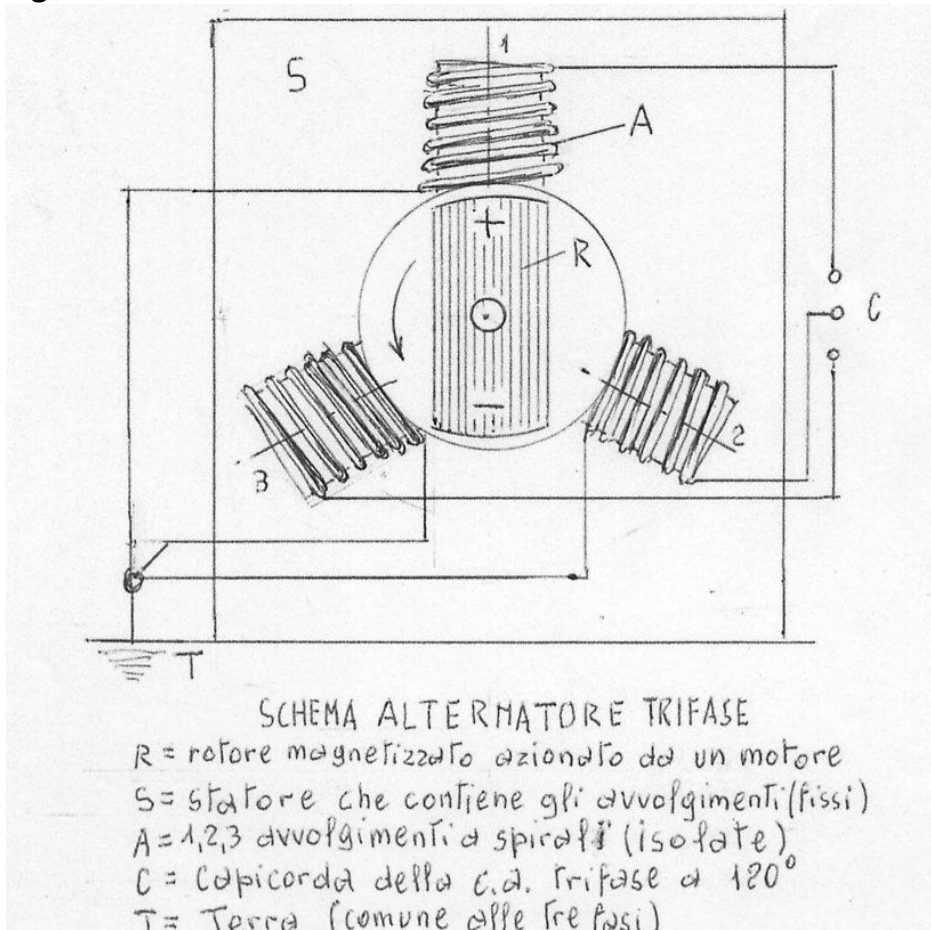


Fig. 4 – Tabella delle varie OEM e delle frequenze che le caratterizzano

RADIAZIONI	Sigla	Frequenza Hz	Lungh. onda λ	Campi di applicazione	Note	
NON IONIZZANTI						
F. bassissima	ELF	$3 - 3 \times 10^4$	100-10Km	Campi elettrici e magnetici		
F. RADIO	RF					
F. basse	LF	$3 \times (10^4 - 10^5)$	10 Km-1 Km	} Onde Radio } TV } maser		
F. medie	MF	$3 \times (10^5 - 10^6)$	1 Km-100 m			
F. alte	HF	$3 \times (10^6 - 10^7)$	100 m-10 m			
F. altissime	VHF	$3 \times (10^7 - 10^8)$	10 m-1 m			
MICROONDE	MW					Microwave Aplification by
Decimetriche	UHF	$3 \times (10^8 - 10^{10})$	1 m – 10 cm		Stymulated emission of Radiation	
Centimetriche	SHF		10 cm–1 cm			
Millimetriche	EHF		1 cm–1 mm			
Infrarosse	IR	$3 \times (10^{10} - 10^{12})$	$10^{-3} - 8 \times 10^{-5}$ m	} Laser } Fotosintesi clorofilliana } Scariche elettriche atmosferiche (lampi, fulmini, sole)	Ligt Amplification by S.E. of R. (da atomi diversi)	
Luminose (visibili)	VIS	$3 \times (10^{12} - 10^{15})$	$(8-4) \times 10^{-5}$ m			(0,4 08μ) luce solare
Ultraviolette	UV	$3 \times (10^{15} - 10^{17})$	$(4-1) \times 10^{-5}$ m			Battericide Reazioni chimiche, scottature
IONIZZANTI	Destruettono gli atomi (elettroni interni al nucleo) e le cellule degli organismi					
Raggi X	X	$3 \times (10^{17} - 10^{20})$			Irraggiamento solare	
Raggi gamma	Y	$3 \times (10^{18} - 10^{22})$			Energia elevata 10^6 e V	
Raggi cosmici		$3 \times (10^{21} +)$				