

Magnetoterapia B.F. "SuperMoreno"

Quando parliamo di magnetoterapia intendiamo descrivere un dispositivo in grado di produrre effetti biologici e curativi dall'emissione di un campo magnetico strutturato. Nel seguente scritto non troverete notizie relative all'idoneità terapeutica dell'apparecchiatura (non di mia competenza) ma la descrizione sommaria dei fenomeni elettrici su cui si basa. Questa magnetoterapia viene descritta come BF (Bassa Frequenza) in quanto gli impulsi generati rientrano nel campo delle frequenze audio o sono addirittura inferiori, come si vedrà dai grafici allegati. Dalla numerosa documentazione facilmente reperibile in rete nonché dall'esperienza diretta di molti utilizzatori, la magnetoterapia pulsata risulta tanto più efficace quanto maggiore è il rapporto descritto dalla Legge di Faraday-Neumann-Lenz:

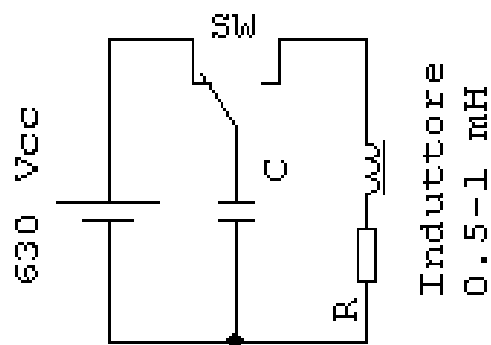
$$f_e = -\Delta\phi/\Delta t$$

La forza elettromotrice (f_e) indotta produrrà in campo biologico delle micro correnti (I) che saranno proporzionali a quest'ultima ed inversamente proporzionali alla resistenza offerta dal sistema.

$$I = f_e/R$$

"Tutte le espressioni d'energia sono necessariamente legate ad una differenza; l'effetto è sempre direttamente proporzionale alla differenza, più grande è la differenza più grande è l'effetto." Bartolomeo Audisio

Come massimizzare tale rapporto senza produrre effetti termici o l'evocazione del dolore rimane il segreto intrinseco alle singole magnetoterapie, una stimolazione elettrica a bassa cadenza dà le risposte a reclutamento (Dempsey&Morison, 1942) la cui ampiezza aumenta per progressivo "reclutamento" dei neuroni corticali; è innegabile asserire che gli impulsi magnetici generati da un'altissima tensione (kV) con smorzamenti sull'ordine dei micro secondi (vedi Papimi) sono di assoluta e dimostrata efficacia, l'unico limite a tale apparecchiature è ovviamente il costo che può arrivare ad alcune decine di migliaia di euro e ne preclude l'utilizzo massivo, relegandole ad una ristretta cerchia medico-professionale. Per poter rendere la magnetoterapia BF alla portata di tutti si è pensato di utilizzare componenti elettronici allo stato solido che per rapporto qualità/prezzo, attualmente devono operare sotto ai 1000V, è "nato" così il Super-Moreno, magnetoterapia BF in grado di lavorare a **630Vcc** e di trasferire in campo magnetico pacchetti di energia da **1 a 10 J** circa, in base alla componentistica scelta, con scansione d'impulso da **0.2 a 7 Hz** ed **emissione magnetica mono-polare o bi-polare** in base al set-up utilizzato. *Lo schema di principio del Super-Moreno è molto semplice:*



un condensatore di capacità nota "C" viene caricato a 630V, successivamente lo si scarica sull'induttore tramite un componente allo stato solido (Triac), funzionalmente rappresentato da un devitore (SW).

Questo circuito "basilare" se realizzato con componenti idonei permette la generazione di impulsi magnetici di grande intensità, in quanto la scarica del condensatore è l'unico sistema semplice che permette di avere correnti istantanee anche di alcune centinaia di Ampere, che ovviamente passando all'interno di una opportuna bobina produrranno un **energico impulso magnetico**.

La risonanza elettrica tra capacità ed induttanza è un fenomeno stazionario che si manifesta ad una certa frequenza alla quale la reattanza capacitiva $1/\omega C$ e la reattanza induttiva ωL sono di uguale modulo, costringendo l'energia in gioco ad oscillare tra il campo magnetico dell'induttanza ed il campo elettrico del condensatore. *Nel circuito elettrico considerato, chiamato oscillante, l'energia elettrostatica propria del condensatore carico, si trasforma in energia elettrocinetica durante la scarica ed è questa che noi andremo a sfruttare nella magnetoterapia.* Successivamente il condensatore si ricarica in senso inverso; andando così avanti indefinitamente, se le trasformazioni suddette non avessero perdite (effetto Joule dovuto a "R" sommato alle perdite elettromagnetiche). Le oscillazioni che seguono l'impulso iniziale, sono sempre meno ampie, ad ogni scambio di energia fra condensatore ed induttanza, diventando smorzate: *l'ampiezza della corrente oscillante va diminuendo mentre il periodo resta costante ed uguale al periodo del circuito oscillante.* Lo smorzamento aumenta fino ad un certo valore della resistenza serie, detta critica, in corrispondenza alla quale il circuito perde la possibilità di oscillare: oscillazione aperiodica.

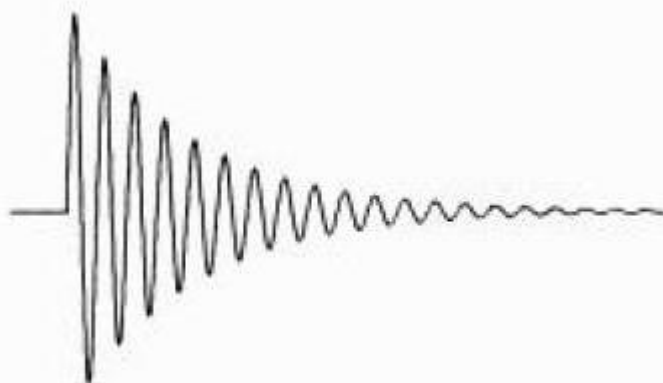


Figure 2. Voltage output of RLC circuit.

Nello schema elettrico la resistenza è messa in serie all'induttanza in quanto solitamente è il componente a maggior valore resistivo, mentre i condensatori utilizzati nel progetto, obbligatoriamente MKP hanno un ESR di qualche milli-Ohm, per cui trascurabile.

In tali condizioni il fattore di merito "Q" della bobina risulta essere:

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

Per valutare il fattore di merito è quindi necessario conoscere la frequenza di risonanza del sistema LC e prima ancora è obbligatorio decidere quale "pacchetto" di energia immagazzinare nel condensatore e quindi liberare come campo magnetico ad ogni impulso. Per semplicità di calcolo e valutazione empirica ho deciso di realizzare 2 prototipi del Super-Moreno uno ad impulsi da **1 J** e l'altro ad impulsi da **10 J**. La tensione massima Vcc disponibile alla carica è pari a 630V per cui l'energia (E) immagazzinata si calcola:

$$E = \frac{1}{2} CV^2$$

Sostituendo alla formula le variabili note e cercando i valori commerciali di capacità MKP, otterremo che a 630V un condensatore da 5 uF immagazzinerà circa 1J mentre uno da 50 uF immagazzinerà 10 J. Le bobine che meglio si adattano ad essere usate in magnetoterapia BF sono quelle con diametro interno >=3cm, con o senza nucleo ferromagnetico, una volta costruite hanno dato valori di induttanza compresi tra ≈ **0.5 e 2mH**; avendo i valori di capacità (C) ed induttanza (L) possiamo ora calcolare la frequenza teorica di risonanza "f" del sistema.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad T = \frac{1}{f}$$

A questa frequenza la reattanza capacitiva $1/\omega C$ e quella induttiva ωL sono di uguale modulo, facilmente calcolabile, questi valori segneranno anche il limite massimo della corrente sinusoidale che fluisce nel sistema "I" dato dal rapporto $I=630/X_{LC}$. Per una buona efficienza di scarica la somma delle resistenze parassite (contatti+cavi+bobina+condensatore+PCB etc) dovrà essere minore a 1/20 di X_{LC} ; essendo la bobina il componente più critico si consiglia di usare una sezione di cavo >=1.5mmq. Per cognizione di causa allego due prospetti riepilogativi sul dimensionamento della risonanza LC.

630V-50uF			
mH	Ip (A)	T(mS)	F(Hz)
0,5	199	0,99	1007
0,6	182	1,09	919
0,7	168	1,18	851
0,8	158	1,26	796
0,9	148	1,33	750
1	141	1,40	712
1,1	134	1,47	679
1,2	129	1,54	650
1,3	124	1,60	624
1,4	119	1,66	602
1,5	115	1,72	581
1,6	111	1,78	563
1,7	108	1,83	546
1,8	105	1,88	531
1,9	102	1,94	516
2	100	1,99	503
2,1	97	2,04	491
2,2	95	2,08	480
2,3	93	2,13	469
2,4	91	2,18	459

630V-5uF			
mH	Ip (A)	T(mS)	F(Hz)
0,5	63	0,31	3183
0,6	58	0,34	2906
0,7	53	0,37	2690
0,8	50	0,40	2516
0,9	47	0,42	2373
1	45	0,44	2251
1,1	42	0,47	2146
1,2	41	0,49	2055
1,3	39	0,51	1974
1,4	38	0,53	1902
1,5	36	0,54	1838
1,6	35	0,56	1779
1,7	34	0,58	1726
1,8	33	0,60	1678
1,9	32	0,61	1633
2	32	0,63	1592
2,1	31	0,64	1553
2,2	30	0,66	1517
2,3	29	0,67	1484
2,4	29	0,69	1453

Per quel che concerne la costruzione della bobina vale sempre la formula:

$$B = \mu_0 \frac{N \cdot i}{l}$$

raggio<<lunghezza

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}(\text{H/m})$,

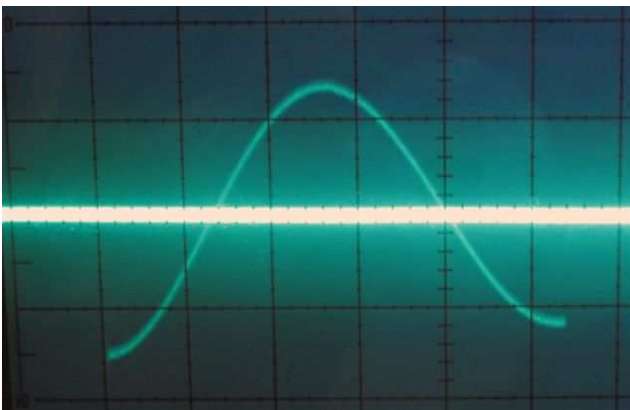
Come possiamo notare un aumento delle spire porterà ad un maggior campo EM ma anche ad un aumento proporzionale della resistenza serie, del peso e dell'ingombro della bobina, è perciò consigliabile

l'inserimento di un nucleo ferromagnetico ad alta permeabilità ovviamente strutturato per minimizzare le correnti parassite (blocco lamellare tipo trasformatore BF o nucleo in ferrite).

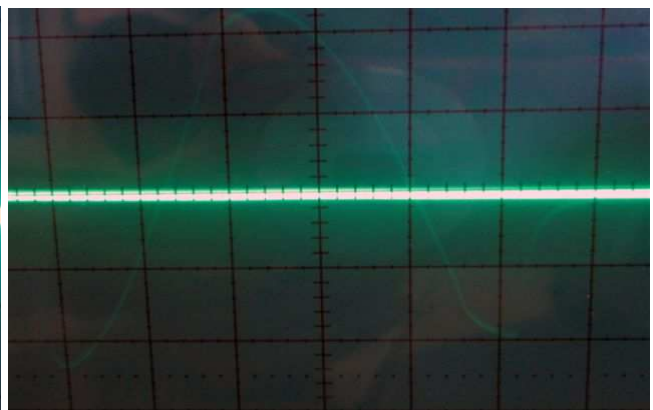


Un buon compromesso qualità/prezzo è stato raggiunto riempiendo il cilindro sul quale è avvolta la bobina con polvere di ferro miscelata a resina epossidica bi-componente, così facendo si può ridurre di oltre il 50% il n° spire (e resistenza serie) mantenendo inalterato il valore dell'induttanza, utilizzando nuclei in ferrite ad alta permeabilità tale riduzione può risultare superiore al 50%.

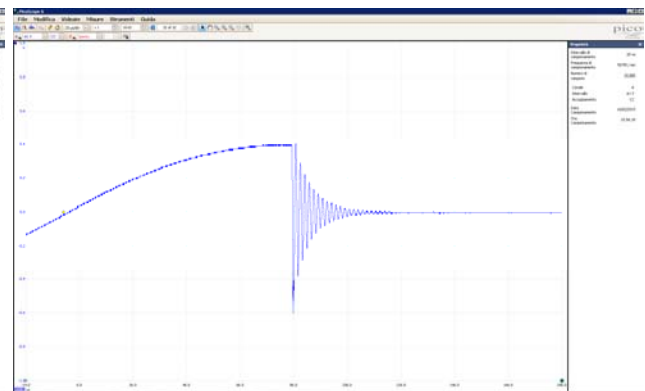
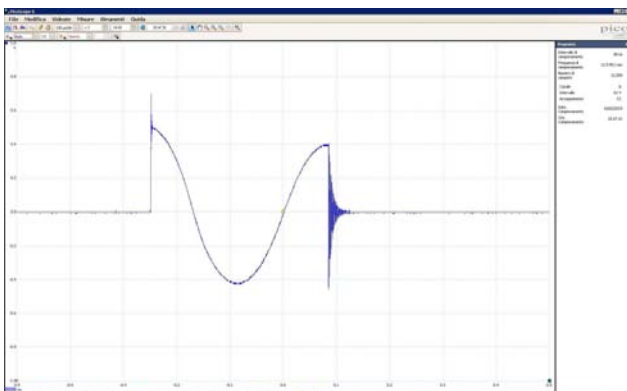
Una volta avviata la scarica tra induttanza e capacità si instaurerà una corrente alternata smorzata a frequenza nota, il Super-Moreno dopo il primo periodo di risonanza (o semiperiodo, vedi set-up) cortocircuiterà la bobina riducendo il tempo di smorzamento del segnale, la scelta dei componenti (lenti o veloci) influirà notevolmente sulla tipologia delle armoniche generate, allego rilievi fatti con l'oscilloscopio avente la sonda attaccata alle estremità aperte di una spira in aria coassiale con la bobina.



rilievo con bobina isolata (componenti lenti)

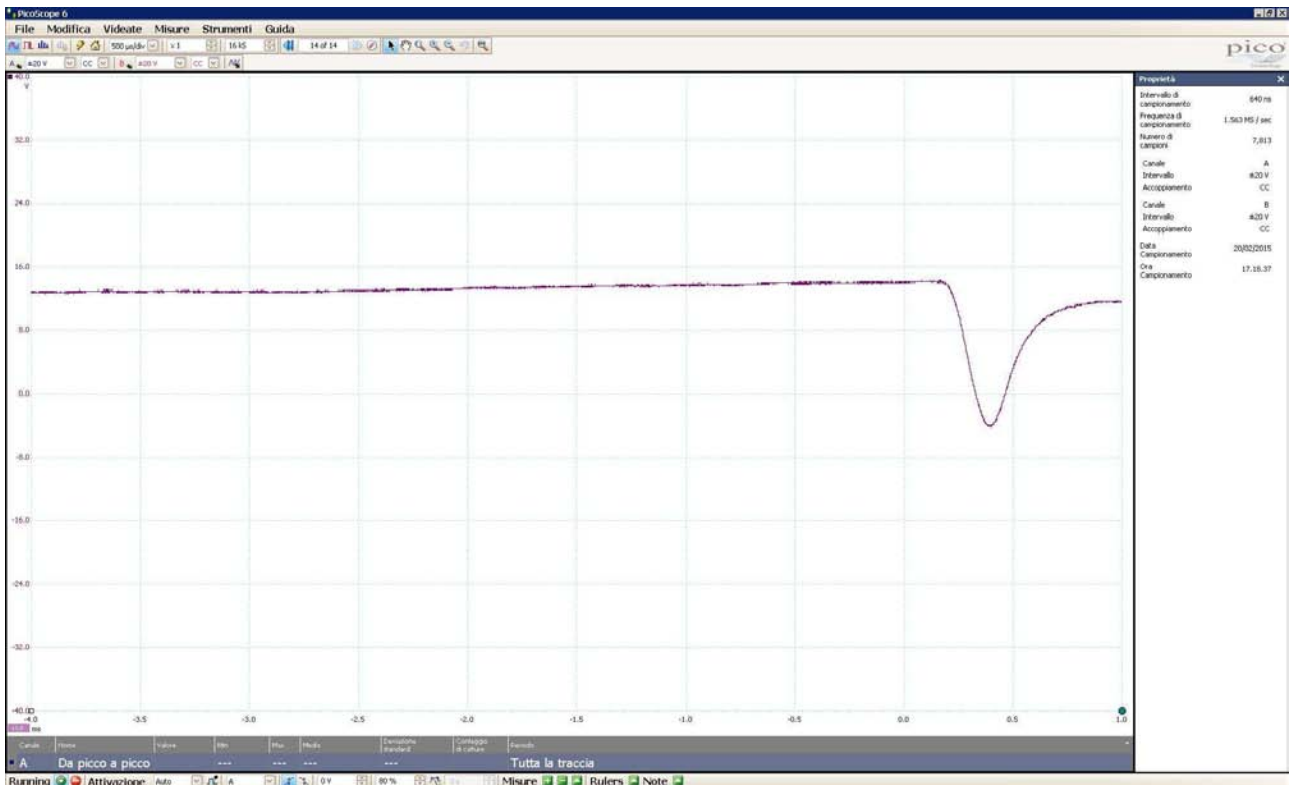


rilievo con bobina vicino a ferromagnete (componenti lenti)



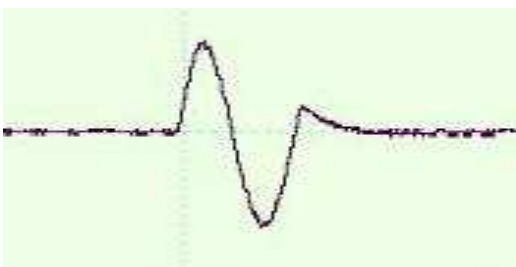
misura della tensione sull'induttore effettuata con bobina isolata & componenti veloci

Per quel che riguarda la tensione sul condensatore di "Tank" (5 o 50uF) allego rilievo significativo

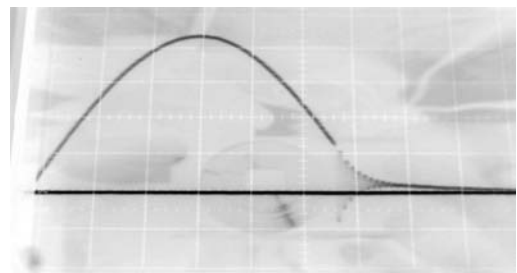


Tempo di scarica 250uS circa, tensione 600Vpp alla frequenza massima di innesco

La corrente prelevata ai capi dell'induttore sarà **bi**-polare o **mono**-polare in base al set-up del SuperMoreno: con una o più spire in aria si rileva qualitativamente la tensione ai capi dell'induttore, mentre con un sensore ad effetto Hall si rileva indirettamente la corrente che circola nella stesso, quest'ultima sarà sfasata di 90° in ritardo rispetto alla tensione e sarà direttamente proporzionale al campo magnetico emesso. Io ho usato il "solid state Hall-effect Sensors" raziometrico "**SS49E**" della Honeywell. Per rendere quanto più possibile monopolare la corrente, ho inserito un diodo veloce in serie al cavo di alimentazione bobina, in grado di tagliare la semionda negativa della frequenza di risonanza (set-up monopolare). Risulta importante segnalare che nei Triac le extratensioni che si manifestano sui terminali durante la fase di apertura, possono impedirne lo spegnimento; quando la tensione presente ai due anodi oltrepassa un certo limite, chiamato tensione di breakdown o breakover il componente si auto innesca e rimane attivo sino a quando non si scende sotto al limite minimo della corrente di Hold. Per ridurre l'entità degli spike o comunque per ridurre l'ampiezza della frequenza dell'auto risonanza, propria del circuito, di solito si pone in parallelo ai 2 anodi (A1 & A2) un filtro R-C (es. R=100 Ω _0.5W e C=100nF_1000V); il SuperMoreno lavora comunque bene anche senza la suddetta rete di attenuazione.



corrente **bi**-polare circolante in bobina

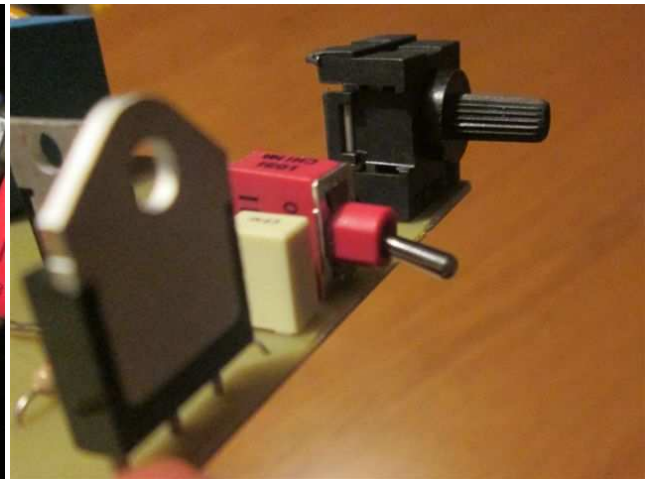
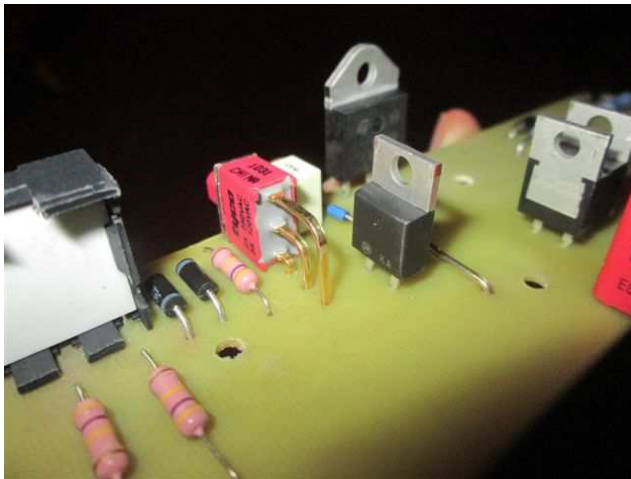


corrente **mono**-polare circolante in bobina

Allego foto dei prototipi realizzati



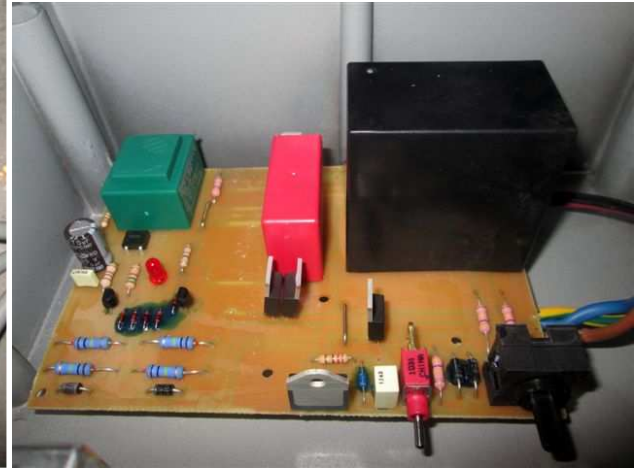
PCB (10x15cm)



PCB lato componenti



Cavo di uscita bobina



Super-Moreno 10 J



Super-Moreno 10 J



Super-Moreno 1 J



Super-Moreno 1 J

E' prassi comune sovradimensionare le bobine per evitare la "non linearità" e le perdite per effetto Joule, il termine "non linearità" indica il fatto che il valore dell'induttanza L di una bobina con nucleo ferromagnetico dipende dal valore della corrente che la attraversa, solo sovradimensionando il nucleo ed inserendo un traferro si può evitare la saturazione dello stesso ed i fenomeni di ferrorisonanza (forte ed intermittente ronzio del nucleo, surriscaldamento della cassa dello stesso, picchi di tensione di breve durata, picchi di corrente anomala, campo magnetico impulsivo di elevata intensità, forti distorsioni della forma d'onda). Nonostante il sovradimensionamento e l'eventuale resinatura di tutti gli avvolgimenti e del nucleo, durante il funzionamento del Super-Moreno è normale sentire un "ticchettio" nella bobina isolata e nel condensatore di TANK, dovuto ad effetti di "shrinking", questi effetti sono causati da intensi campi magnetici impulsivi che producono, per la legge di Lenz, energiche forze repulsive negli oggetti metallici che si trovano dentro ad essi, che nel nostro caso sono leggermente udibili, ovviamente avvicinando (0-10cm) alla bobina una lamina metallica il suono sarà amplificato dalla stessa e risulterà simile ad una percussione. E' bene ricordare la legge di Gauss la quale afferma che le linee di flusso magnetico devono chiudersi su se stesse in quanto non esistono sorgenti isolate di campo magnetico, questo indirettamente spiega che l'induttore può essere usato di "taglio" in quanto le linee di flusso si sviluppano anche lateralmente allo stesso, quel che cambia sarà il verso e l'intensità del campo. La legge di Faraday dimostra che un campo magnetico variabile nel tempo può produrre un campo elettrico, la legge di Ampère dimostra il contrario ossia che un campo elettrico variabile nel tempo può indurre un campo magnetico, questo chiarisce in maniera INEQUIVOCABILE che in REGIME IMPULSIVO si inducono nel substrato biologico sia campi elettrici che magnetici i quali produrranno ovviamente delle micro correnti che non saranno costanti, come media, ma entro certi limiti aumenteranno nel tempo, con la diminuzione della resistenza dell'indotto biologico; è per questo che solitamente, a regime, i tempi di terapia NON devono essere inferiori ai 15 minuti. La domanda che molti fanno è come calcolare l'induzione magnetica (B) l'energia (E) e l'induttanza (L) di una bobina corta:

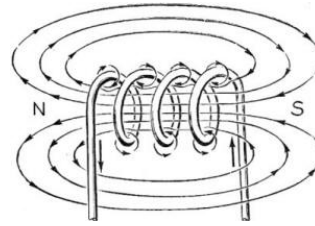
$$B = \frac{4 \pi I N}{D_m} \quad E = \frac{1}{2} L I^2 \quad L = 0.315 \frac{r_m^2}{6r_m + 9l + 10s} N^2$$

B = Induzione magnetica (Gauss), I = corrente (A), N = n° spire, D_m = diametro medio (mm)

L = Induttanza (uH), l = lunghezza bobina (cm), r_m = raggio medio bobina (cm), s = spessore spire (cm)

Nel caso del Super-Moreno 10 J ho usato una bobina con le seguenti caratteristiche:

Nucleo diametro 82mm altezza 50mm, esterno 140mm h60mm
corsia toroide larghezza 49mm altezza max 25mm
cavo sezione 2,5mm
strati 6 da 20 spire (120 spire)
Induttanza senza nucleo =1,246 mH
Induttanza Nucleo Pieno (limatura ferro+resina) = 2,2mH
Peso Rame (g) 1200



Se consideriamo $I=95A$, $N=120$, $D_m=105mm$ allora $B \cong 1364$ Gauss in aria, la cui esattezza verificheremo dai rilievi strumentali, nel caso di nucleo ferroso il valore locale del campo magnetico sarà molto superiore. Si evidenzia il fatto che l'impulso elettromagnetico generato dalla bobina quando si propaga nello spazio libero subisce un'attenuazione, mentre il campo elettrico e quello magnetico diminuiscono in maniera inversamente proporzionale alla distanza la densità di potenza dell'onda elettromagnetica diminuisce con il quadrato della stessa, ossia raddoppiando la distanza il campo elettromagnetico si dimezza ma la sua densità di potenza si riduce ad un quarto. Quando abbiamo l'emissione di campo magnetico da parte di un magnete permanente o di un elettromagnete le linee di forza dello stesso si "aprono a fiore" sopra i poli, per cui il decadimento di intensità segue profili superiori e già a 5 cm dalla superficie, al centro dei loop, si può avere $\approx 1/10$ del **campo magnetico iniziale**. Per cercare di "convogliare" quanto più possibile le linee di flusso all'interno dei tessuti biologici profondi, solitamente si pone al di là degli stessi un blocco di materiale ferromagnetico, in maniera tale da ri-orientarle, con una tecnica chiamata del "campo concatenato", così facendo il valore dell'induttanza del sistema subirà un leggero incremento; strumentalmente si è visto che ponendo un grande elemento ferromagnetico di almeno 5-10mm di spessore a 5cm dalla bobina si ha mediamente il **raddoppio delle linee di forza** rilevate in prossimità dello stesso.

Per dare un "ordine di grandezza" al campo magnetico generato ci si è rivolti ad un perito di grande esperienza il sig. Ferdinando B. che gentilmente ha concesso la sua strumentazione per i rilievi del caso. Abbiamo utilizzato un gaussmetro statico per le misure di confronto con magnete permanente.



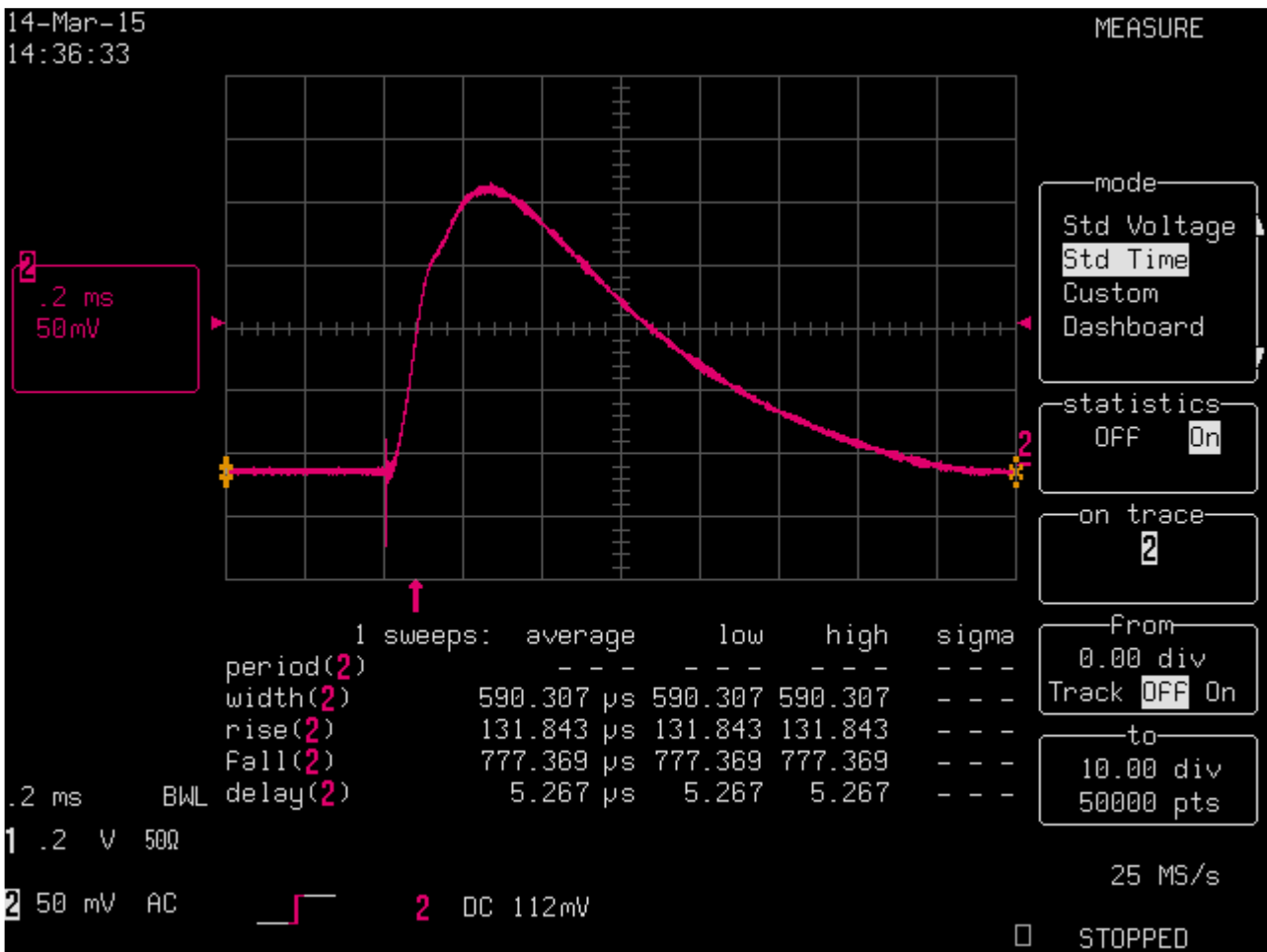
Per i rilievi dinamici del campo magnetico impulsivo abbiamo utilizzato una sonda ad effetto Hall, realizzata per misurare le tre componenti sull'asse X-Y-Z, ma mancando l'interfaccia hardware necessaria alla "sommatoria" delle stesse abbiamo optato per analizzare solo le linee di flusso parallele all'asse longitudinale della bobina.



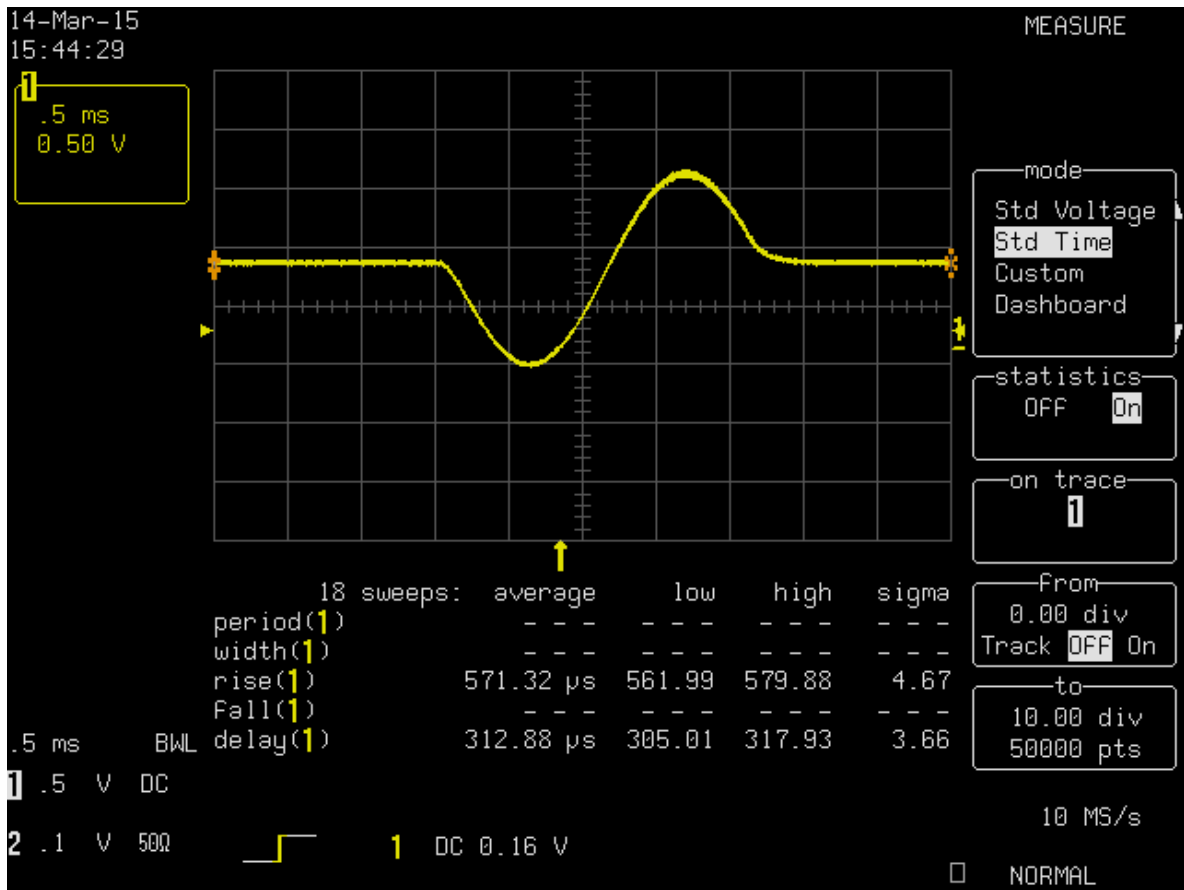
Sonda ad effetto Hall



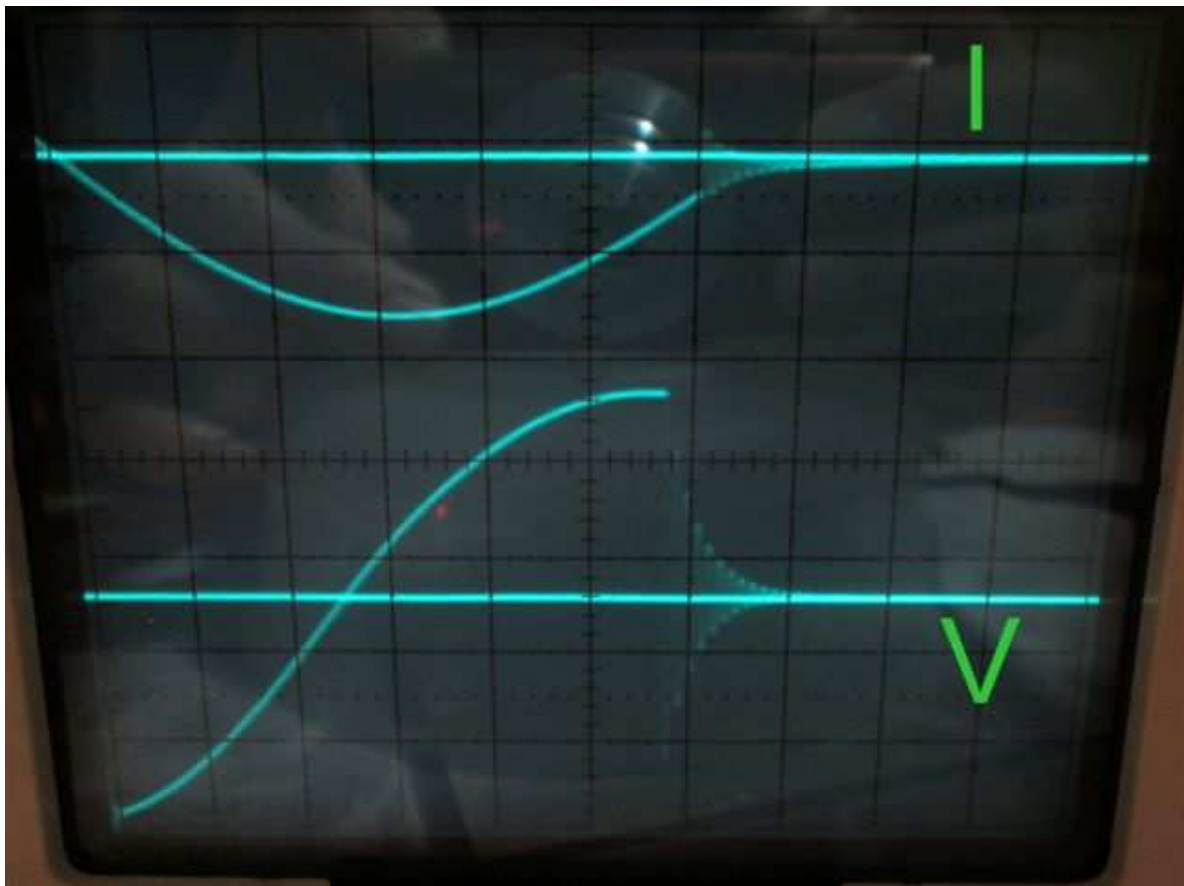
Oscilloscopio Digitale



Campo magnetico pulsato MONOPOLARE del SuperMarco



Campo magnetico pulsato del Super-Moreno 10J in configurazione **Bi-Polare**

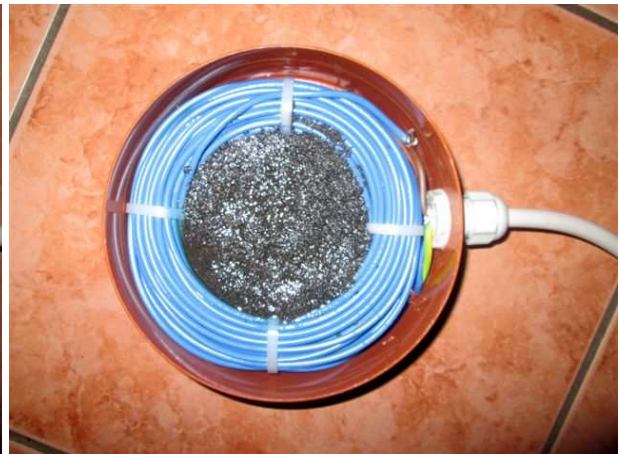
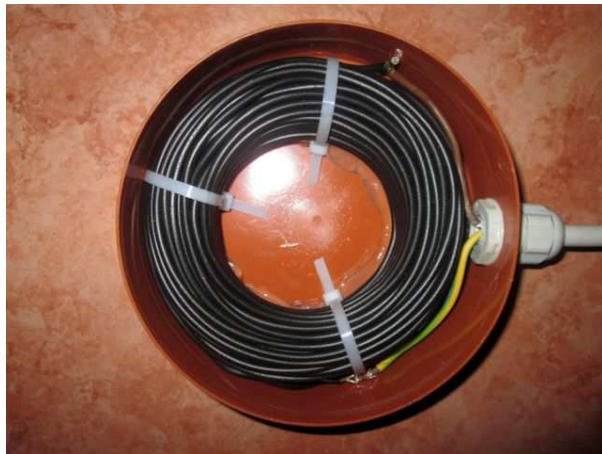


Corrente-Tensione del Super-Moreno in configurazione **Mono-Polare**

Nella realizzazione dell'induttore è bene considerare che in una bobina cilindrica il rapporto ideale **Lunghezza/Diametro** deve essere **0.45**, questo valore rende minima la resistenza serie e massimo il fattore di merito "Q". Ho realizzato molte bobine di test con diversi metodi di avvolgimento ed inserimento nucleo ferromagnetico, ma in assoluto la tecnica che è risultata la più semplice, economica ed efficace per produrre tali induttori ha comportato l'acquisto di:

- 1) una bobina da 25m di cavo monopolare isolato (comune "cordina" elettrica), 2.5mmq sezione
- 2) un tappo di chiusura maschio, per tubi in PVC da 160mm di diametro
- 3) un pressa-cavo PG11 o PG13.5 per bloccare il cavo di collegamento al tappo di chiusura
- 4) 1.5m di cavo tri-polare da 2.5mmq di sezione (cavo di collegamento)
- 5) 500ml di resina epossidica o poliuretana, bi-componente
- 6) un tubetto 20g di pigmento universale (blu) per colorare la resina
- 7) polvere di materiale ferromagnetico (anche residui di lavorazioni meccaniche)

La costruzione dell'induttore lascia poco spazio alla fantasia, allego alcune immagini del cablaggio.



Con tale tecnica si sono ottenute bobine a resistenza ohmica $\leq 0.2 \Omega$ e valori di induttanza compresi tra 0.52-0.57 mH senza nucleo e 0.77-0.85mH con nucleo, nonché peso e maneggevolezza più che accettabili.

Allego un riassuntivo delle misure effettuate, relative al PICCO del campo magnetico rilevato.

	Bobina	Gauss d=0mm	Gauss d=8mm	Gauss d=32mm	Gauss d=46mm
SuperMarco (0,05J) 1uF-310V	0,5mH 9 cmq nucleo FM	7500	4300		non rilevabile
SuperMoreno 1J 5uF-630V	1mH -aria-	1950	1125		non rilevabile
SuperMoreno 10J 50uF-630V	2,2mH 50 cmq nucleo FM	Fuori Scala (\cong 45000)	Fuori Scala	7200	5540
Magnete permanente	polo 5x3cm	750	405		92
		100%			12,3%

Per quel che riguarda il campo magnetico esistono molte unità di misura, vedi tabelle:

Misure Magnetiche				
Caratteristica	Simbolo	CGS	SI	English
Flusso	f	Maxwell	Weber	Maxwell
Densità di Flusso	B	Gauss	Tesla	linea/in ²
Forza di Magnetizzazione	H	Oersted	ampere*spire/m	ampere*spire/in

Conversione U.M.		
U.M.	conversione	risultato
linea/cm ²	=	Gauss
linea/cm ²	=	Maxwell/cm ²
linea/in ²	x 0,155 =	Gauss
linea/in ²	x 1,55 x 10 ⁻⁵ =	Tesla
Gauss	x 6,45 =	linea/in ²
Gauss	x 10 ⁻⁴ =	Tesla
Oersted	x 79,577 =	ampere*spire/m
ampere*spire/in	x 0,495 =	Oersted
ampere*spire/in	x 39,37 =	ampere*spire/m

Il ritmo della stimolazione magnetica monopolare deve essere pulsante in conformità al ritmo della corrente del neurovegetativo unidirezionale ed intermittente, il suo impiego può ripristinare la polarizzazione del dielettrico organico. La cellula è l'equivalente biologico-organico dell'atomo inorganico ed ovviamente anche dei sistemi astronomici, null'altro che campi rotanti di spazio centromossi che obbediscono al principio universale del vortice pulsante. Tutte le immagini dell'Infinito sono solo vortici che seguono lo stesso schema di base descritto da Todeschini ed il corpo umano ne è l'immagine, essendo il nucleo idrico del vortice di un campo planetario costituito di etere.

Le perturbazioni magnetiche sono l'ovvia conseguenza del moto (rotatorio, traslatorio etc) di un'entità, sia essa un neutrino od una galassia, entrambe, in movimento, produrranno un campo magnetico!

"Il miglior successo terapeutico può essere raggiunto unicamente dalla magnetoterapia la quale sola può influire in modo diretto e draconiano su tutte le correnti vorticosi inter e intracellulari mediante la riorganizzazione delle polarizzazioni molecolari ed atomiche: essa garantisce quindi la perfetta restituito ad integrum." dott. Giovanni Oldano

Some years ago I had frequent conferences (thru a medium) with one who was said to be Madame Blavatsky. During the course of these talks she dismissed the subject of electricity as of little value in comparison with a study of magnetism.



Moreno