

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE
Corso di Laurea in Ingegneria delle
Telecomunicazioni V.O.



Progettazione e validazione di un simulatore per il dimensionamento di varistori nelle prove di surge IEC 61000-4-5

Laureando: Luca **RACCONCI**

Relatore: Ch.mo Prof. Alessandro **SONA**

Correlatore: Ing. Leonardo **GARZARA**

12 Luglio 2011
Anno Accademico 2010 - 2011

Introduzione

Compatibilità
Elettromagnetica

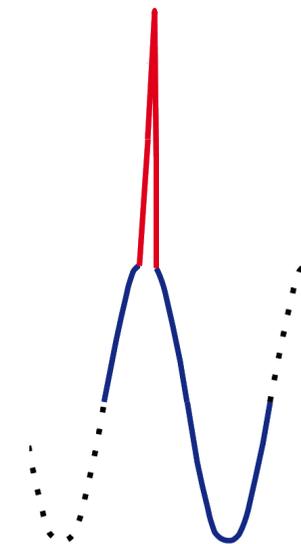
Prove
Immunità

IEC 61000-4-5
"Surge"

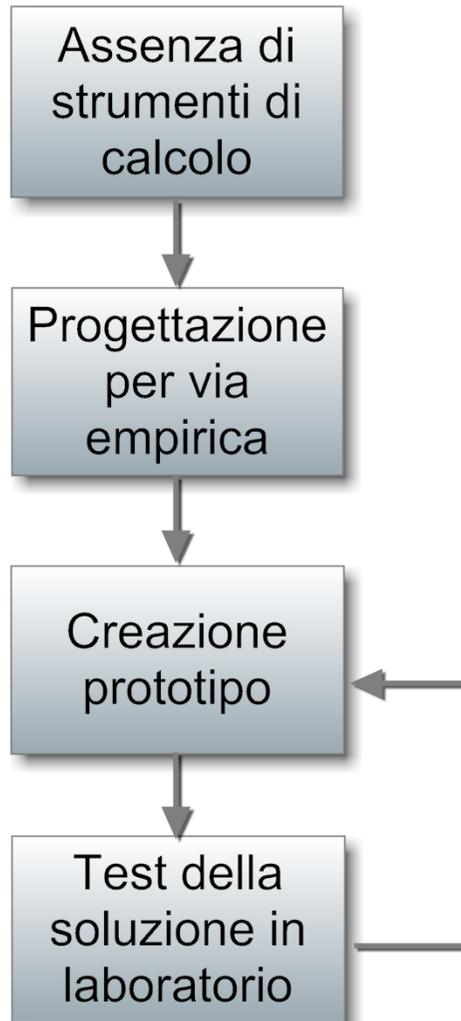
E' un tema attuale: le aziende devono ottemperare alle normative vigenti omologando i propri prodotti per poterli commercializzare.

Vengono effettuate per verificare il grado di funzionamento di un dispositivo in presenza di sollecitazioni esterne.

I surge sono disturbi impulsivi ad alto contenuto energetico (da 0,5 a 4 kV), di carattere transitorio e generati artificialmente per simulare scariche atmosferiche di temporali o sovratensioni dovute a commutazioni di circuiti.



Problematiche



Attualmente un progettista non ha a disposizione **strumenti di calcolo** specifici.

Si procede per via empirica scegliendo schemi di protezione e componenti in base all'**esperienza**.

Si testano le soluzioni adottate nei **prototipi** direttamente nei **laboratori di certificazione**. In gran parte dei casi è necessario **rivedere** il lavoro svolto, procedere alla realizzazione di nuovi prototipi e a nuovi test con **COSTI ELEVATI** senza la certezza del risultato.



Questo studio è nato dalla collaborazione fra Università di Padova e Carel Industries S.r.l., azienda del padovano che è particolarmente attenta all'innovazione e alle tecnologie d'avanguardia ed investe nei giovani e nella ricerca con una stretta collaborazione con Università e istituti internazionali.

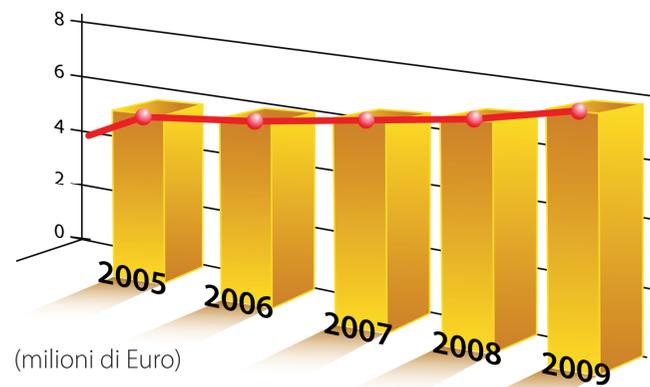
Il gruppo Carel ha sede a Brugine ed è specialista nel **condizionamento dell'aria**, nell'**umidificazione** e nella **refrigerazione**.

E' presente a livello mondiale grazie a 13 filiali e 5 sedi produttive in Italia, Stati Uniti, Brasile e Cina.

Conta più di 800 dipendenti complessivi, di cui 600 impiegati il 51% dei quali è laureato.

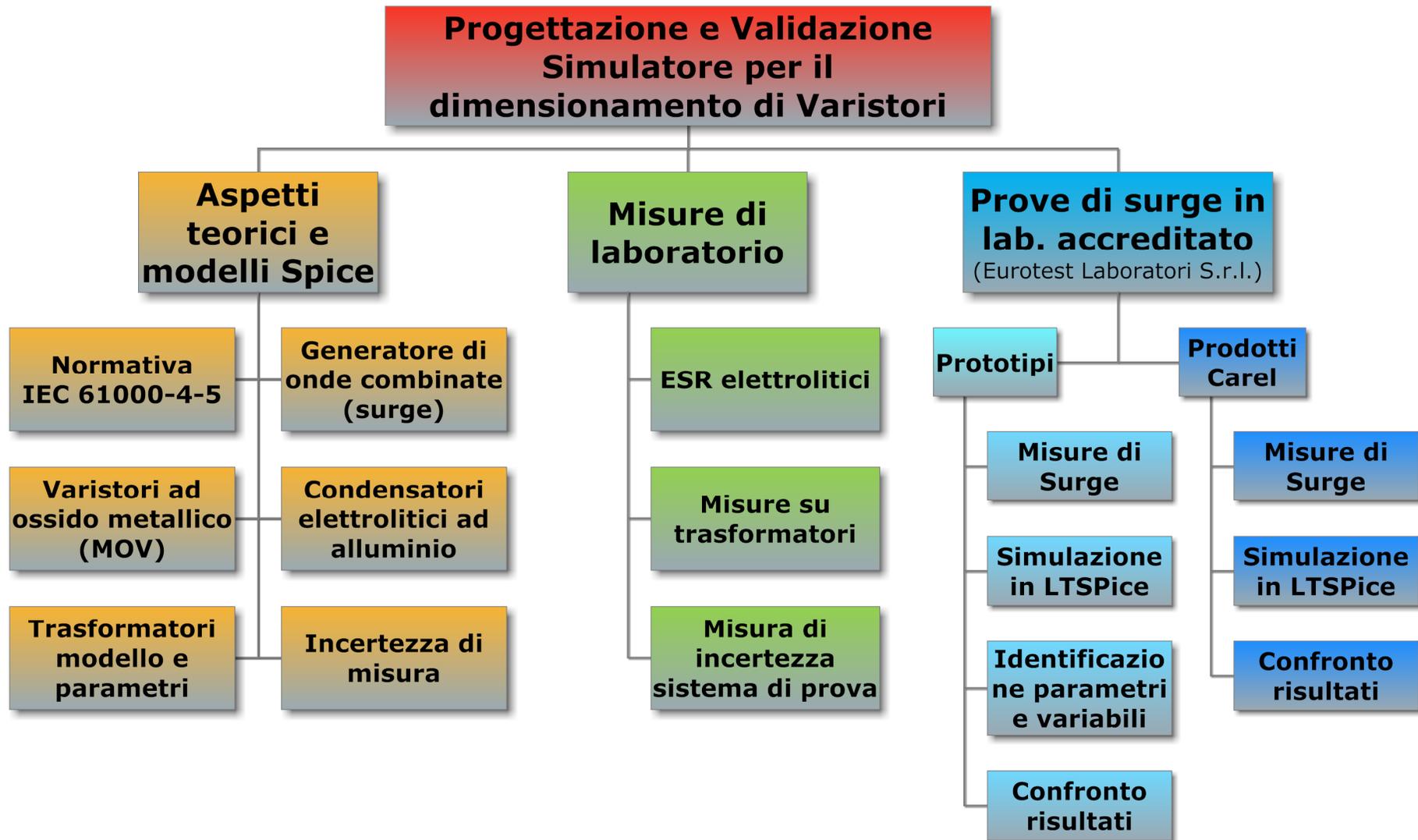
Il 20% di risorse e l'6% del fatturato sono investiti in R&D (120 persone in Italia).

Investimenti in R&D



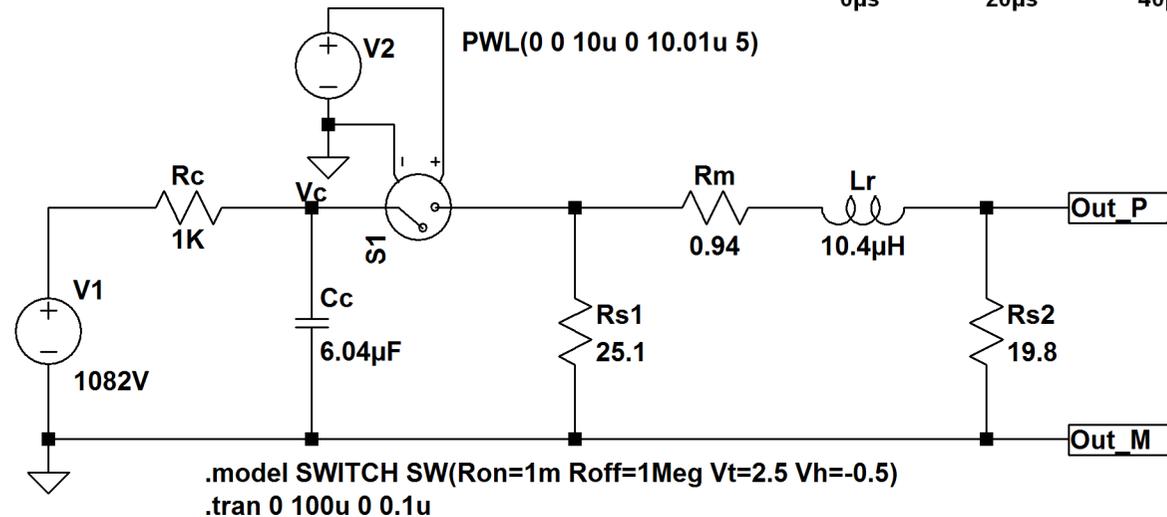
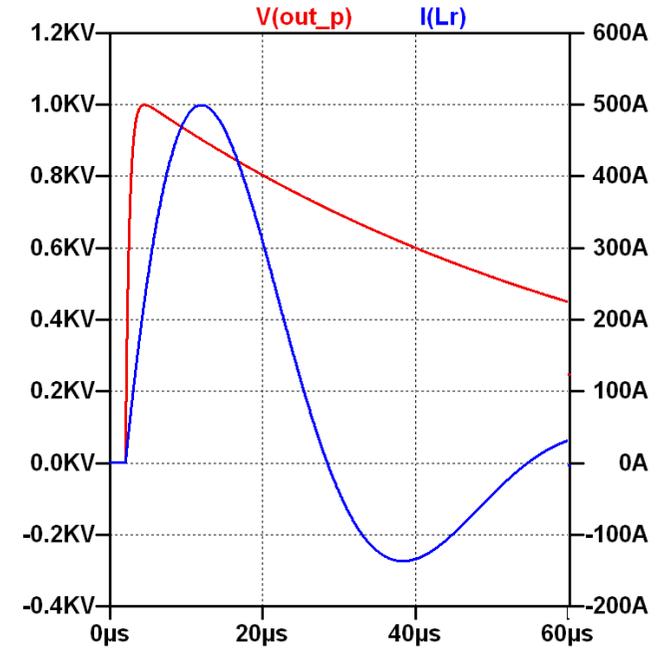
(milioni di Euro)

Struttura



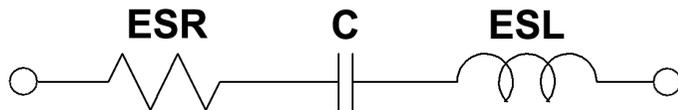
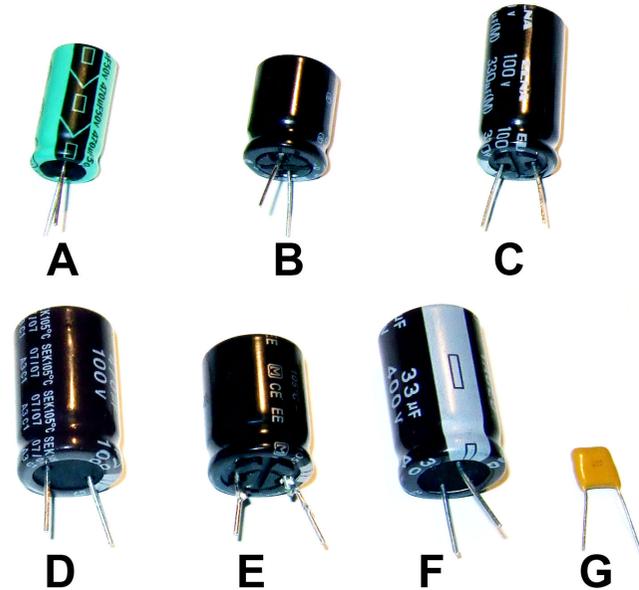
Generatore

Parametro	Target	Simulazione	Errore relativo
Tensione picco (V)	1000 ± 10%	999,92	< 0,01%
Tempo salita tens. (µs)	1 ± 30%	1,00	0
Tempo di durata tens. (µs)	50 ± 20%	50,29	-0,58%
Corrente di picco (A)	500 ± 10%	499,61	< 0,08%
Tempo salita corr. (µs)	6,4 ± 20%	6,14	4,06%
Tempo di durata corr. (µs)	16 ± 20%	16,68	4,25%
Undershoot	≤ 30%	27,45%	Verificato



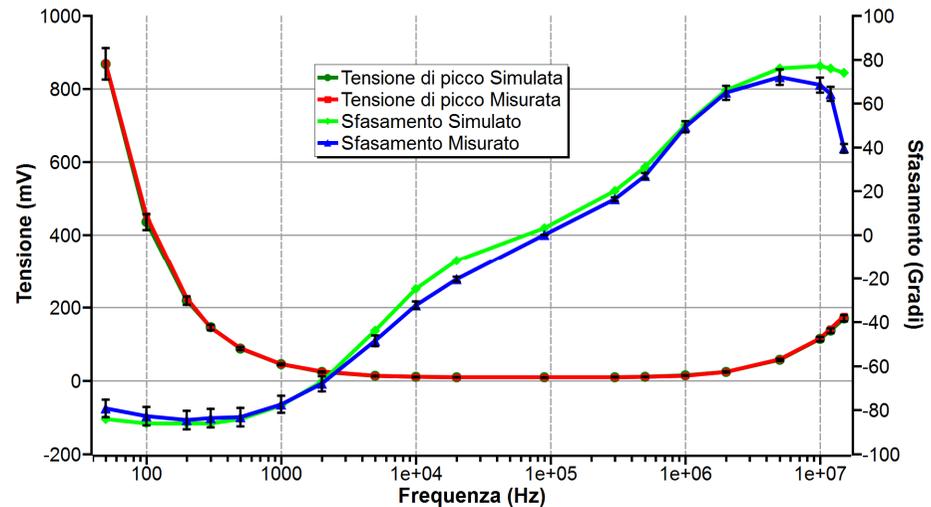
Condensatori elettrolitici

Modello	Cap. nom. (μF)	ESR nom. 120 Hz (Ω)	ESR misurato 1 kHz (Ω)
Lelon Rga	470	0,282	0,100
Elna RJ3	470	0,282	0,110
Elna RJ4	330	0,322	0,095
Yageo SE	470	0,280	0,045



$$Z = (ESR) + j\omega (ESL) - \frac{j}{\omega C}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{C(ESL)}}$$

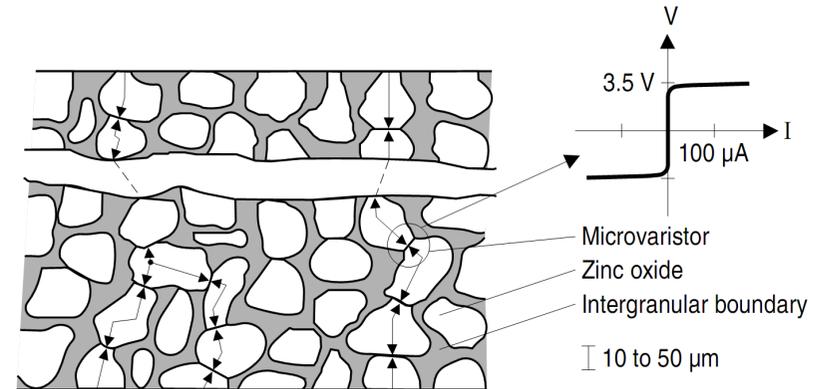
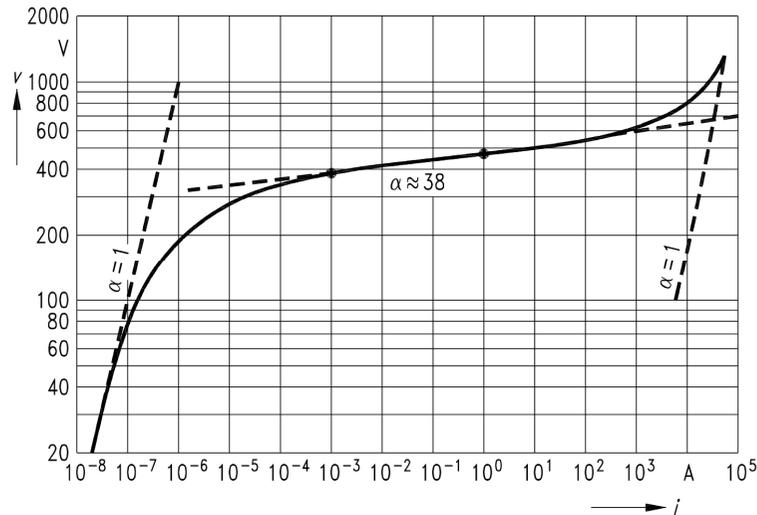


Varistori

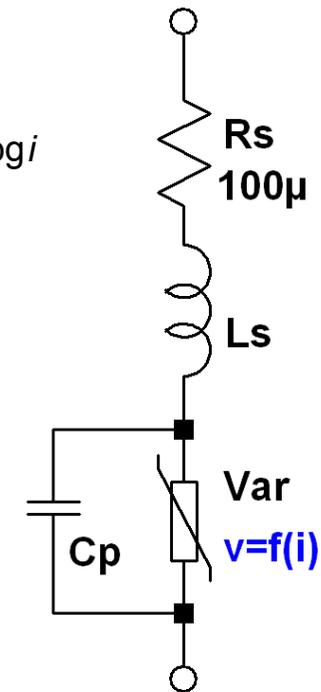
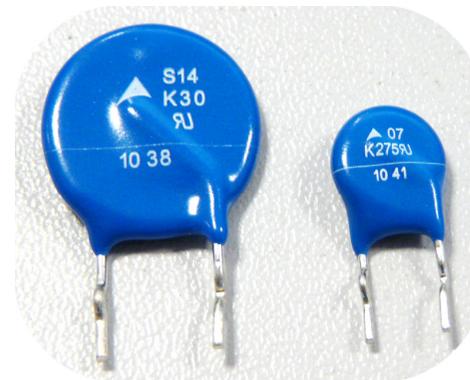
MOV (Metal Oxide Varistor):
 Varistore ad ossido metallico,
 tipicamente Zinco (sinterizzazione).

Varistore (Variable Resistor):
 resistore non lineare la cui resistenza
 cala all'aumentare della tensione
 applicata, con una curva caratteristica
 v/i simmetrica rispetto all'origine. In
 prima approssimazione (breakdown):

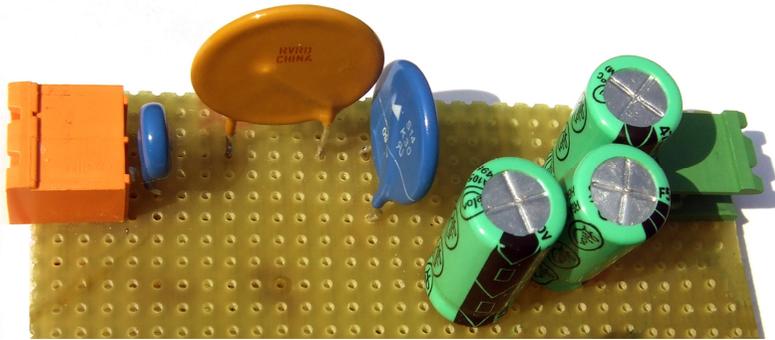
$$i = K \cdot v^\alpha \quad \text{con } \alpha \geq 30$$



$$\log v = b_1 + b_2 \log i + b_3 e^{-\log i} + b_4 e^{\log i}$$



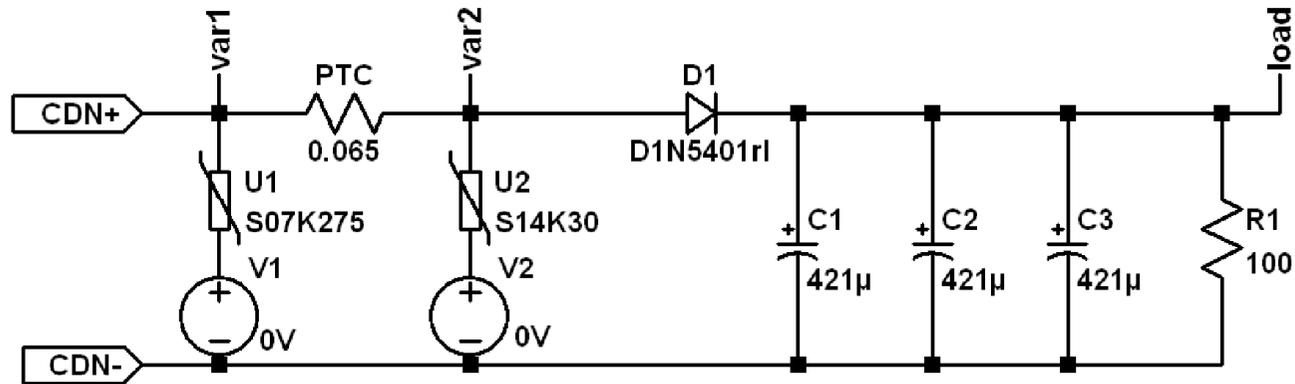
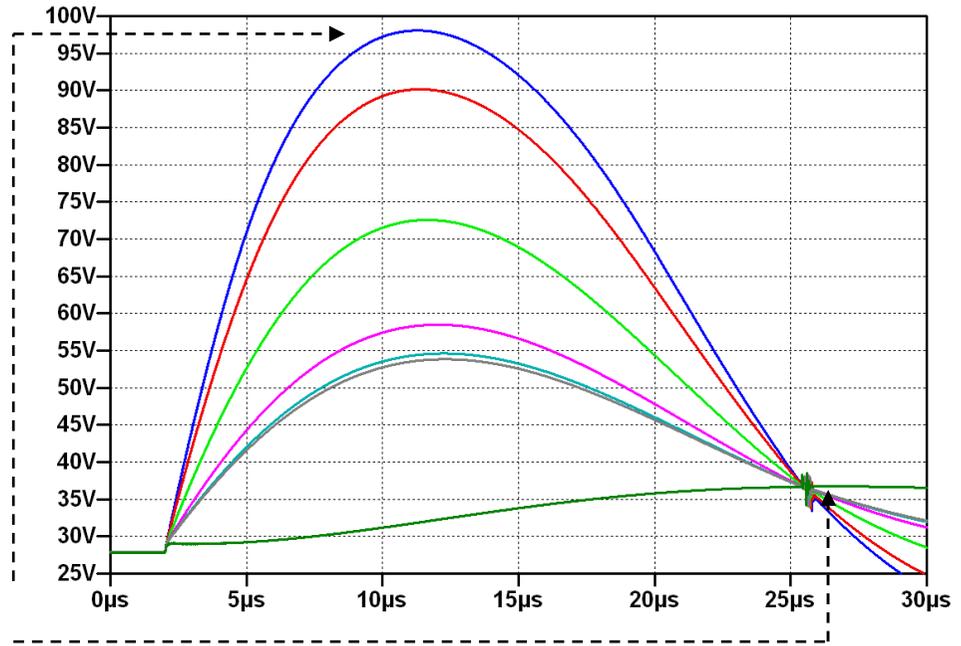
Prototipo A



Surge 2000 V, tensione di picco d'uscita:

- **misurata = 57,6 V**
- **da simulazione:**

ESR 0,282 Ω \rightarrow 98 V (+70%)
 ESR 0 Ω \rightarrow 36 V (-36%)



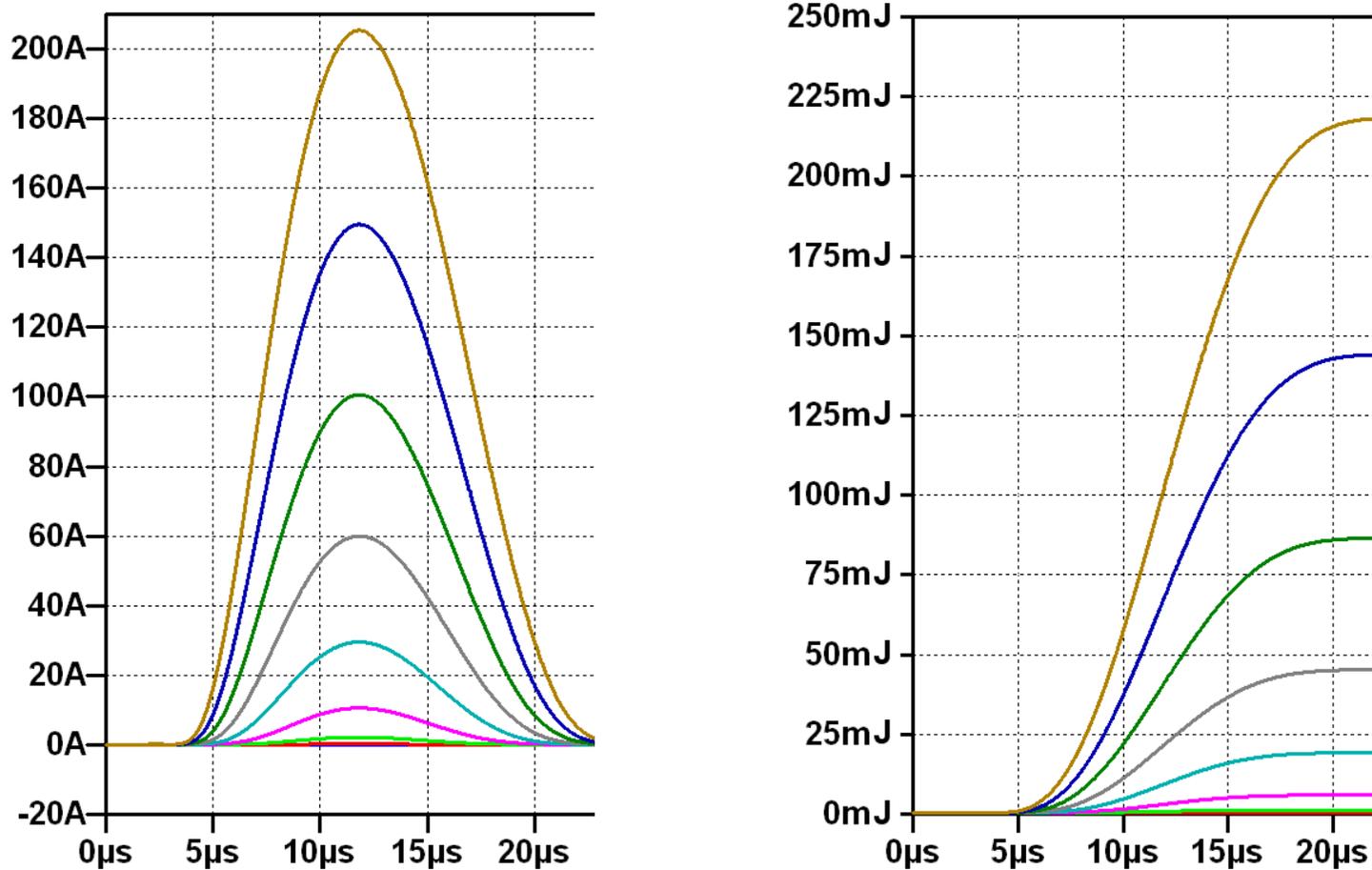
Prototipo A: simulazione con ESR ottimale

Si è provveduto ad identificare il valore di ESR per il quale si ottiene dalla simulazione un risultato esatto (per la tensione di surge di 2000 V).

Si tratta di un valore di 0,965 Ω che corrisponde al 3,5% in meno dell'ESR dell'elettrolitico misurato ad 1 kHz con l'impedenziometro digitale.

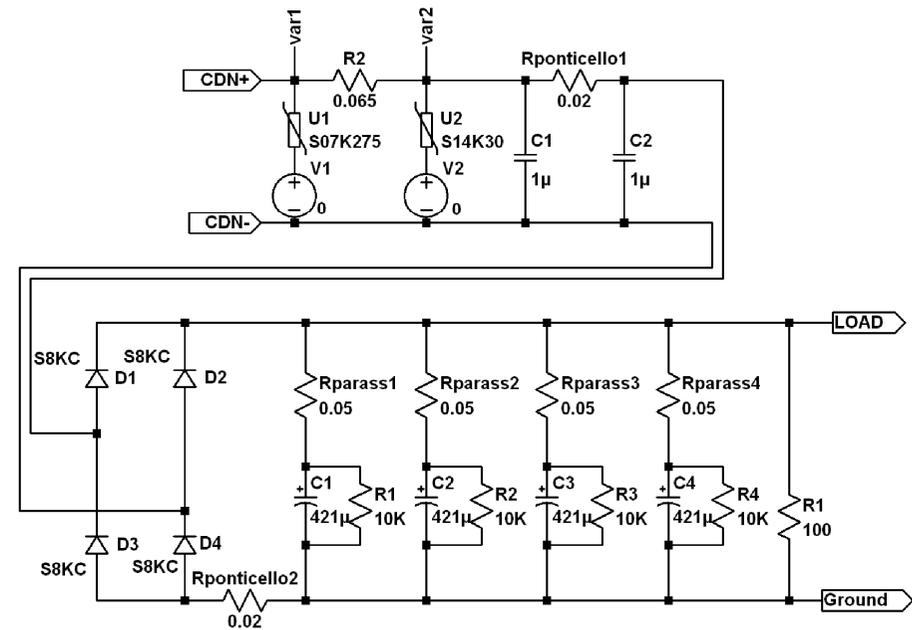
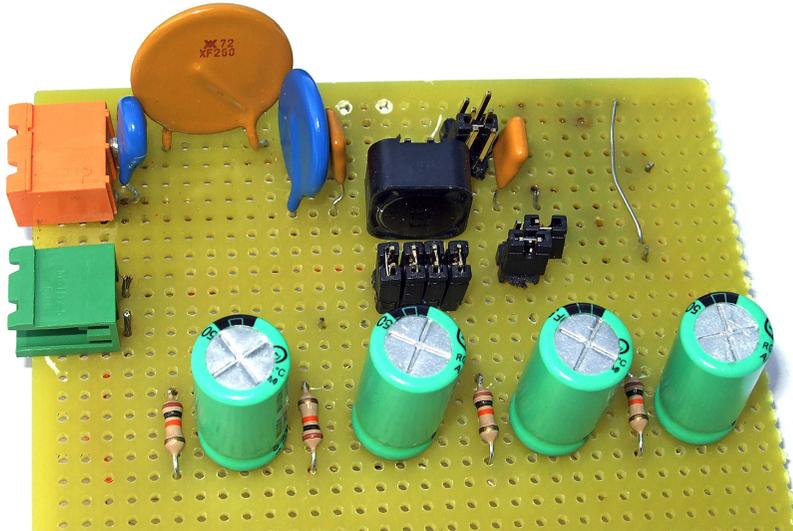
Tensione di surge (V)	Tensione picco mis. (V \pm 3%)	Tensione picco sim. (V)	Errore relativo sim./mis.
1000	43,4	42,7	-1,4%
1500	50,8	50,2	-1,3%
2000	57,6	57,6	0
2500	65,3	64,9	-0,5%
3000	72,4	72,1	-0,5%
3500	78,5	78,9	0,5%
4000	82,2	85,3	3,8%
4500	89,8	91,5	1,9%
5000	94,2	97,4	3,4%

Prototipo A: corrente ed energia sul varistore



I limiti per il varistore Epcos S14K30 sono di 250 A (per 100 ripetizioni) e di 9 J

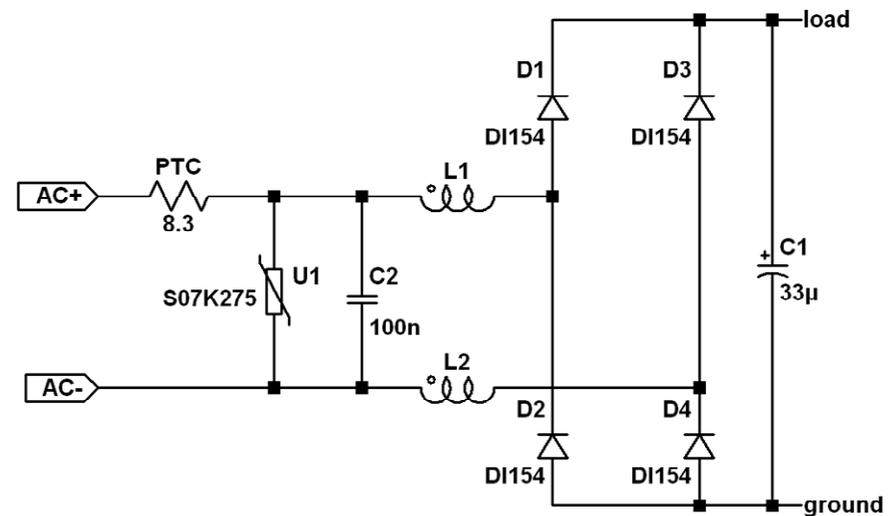
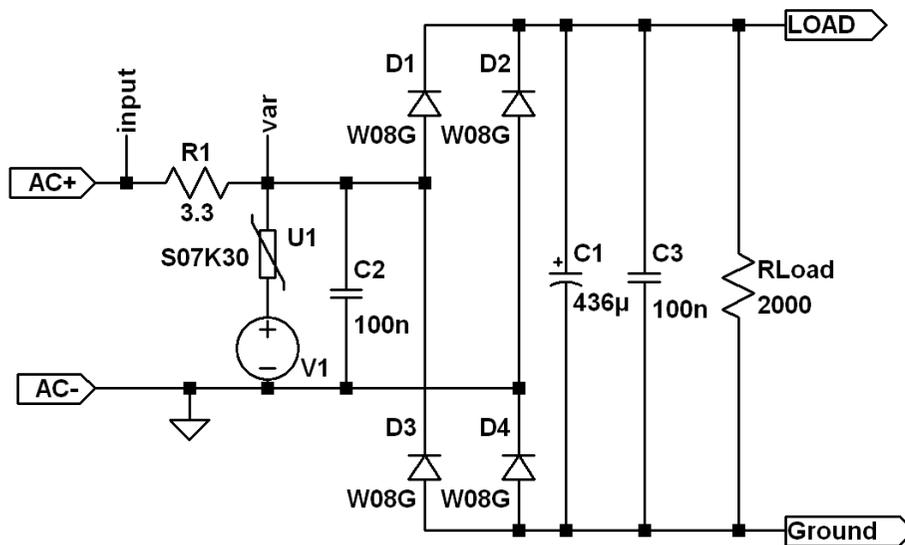
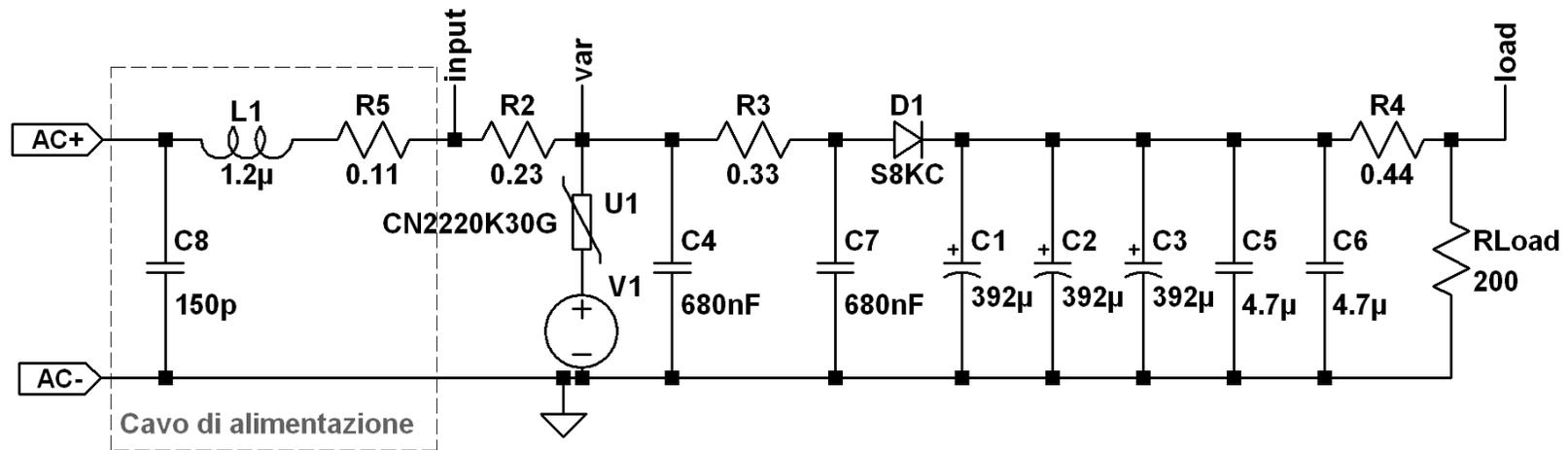
Prototipo B



Il Prototipo B è stato costruito con la possibilità di variare mediante jumper il numero di condensatori elettrolitici da $470 \mu\text{F}$ collegati, di inserire una induttanza serie e di passare da un raddrizzamento a mezza semionda ad uno con ponte a diodi completo.

Ciò ha comportato l'introduzione di resistenze parassite (0.02 e 0.025Ω) che sono state misurate e inserite nella simulazione per accrescerne l'accuratezza.

Schemi elettrici delle Schede sotto test



Confronto finale risultati

Nome circuito	Errore relativo massimo sulla tensione di uscita
Prototipo A	1,4% (entro i 2000 V)
Prototipo B	4,4% entro i 2000 V
Scheda Alfa	3,4%
Scheda Beta	2,9%
Scheda Gamma	2,4%
Scheda Delta	6% (filtro modo comune)

Si è riscontrata una grande **sensibilità** del risultato finale ai parametri di **impedenza dei componenti** effettivamente presenti nei circuiti analizzati, perciò si suggerisce di conservare un **marginе di sicurezza del 20%** sulla tensione massima di picco ammissibile durante i surge.

Sviluppi futuri

Studio del comportamento dei **condensatori elettrolitici** sottoposti a surge a prescindere dall'utilizzo dei varistori anche mediante l'utilizzo di modelli più accurati e con apparecchi di misura più sofisticati (impedance analyzer).

