

## Premessa



Allestimento della mostra "Come si fa una tesi di laurea in Architettura e Ingegneria" promossa dal Fondo Francesco Maschini all'interno della Sala Prove in Alta Tensione, 2008.

La Sala Alta Tensione è stata inserita tra le aree d'intervento, individuate nel presente Dossier, per il progetto del "Palazzo delle Biblioteche".

## La Sala AT: alcune osservazioni

La Sala Prove in Alta Tensione, costruita in contemporanea con il complesso della Facoltà di Ingegneria tra la fine degli anni '60 e l'inizio degli anni '70, su progetto degli ingegneri Tullio Renzulli, Giulio Crisari e sotto la direzione lavori dell'ing. Piero Masini, fu destinata ad accogliere i laboratori del D.E.E. (Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica del Politecnico di Bari). Le strumentazioni presenti caratterizzano con la loro mole e unicità lo spazio interno della Sala. Funzionante fino agli anni '90, poi progressivamente decaduta a causa di varie circostanze, è comunque giunta fino a noi inalterata. Alta 24 m, si estende su una pianta rettangolare di lati 34x24 m. La struttura è costituita da una gabbia perimetrale in calcestruzzo armato, con pilastri di dimensioni variabili da 1x1 m a 0,80x0,80 m; le tamponature verticali sono interamente schermate da una maglia di rame. La copertura, realizzata con una piastra reticolare in tubolari metallici rivestita da lamiera gregata di dimensioni 24,60x33,60 m, poggia su un collegamento rigido sostenuto da pilastri. Tale cordolo ospita un carroponete con una portata al gancio di 10 t. Il solaio a terra è predisposto con una capacità di carico pari a 2000 kg/mq. Lo spazio interno, a tutt'altezza, riceve luce solo dall'alto attraverso un'apertura a nastro che corre lungo i quattro lati, compresa tra la copertura e le strutture verticali. Il telaio in calcestruzzo, estradossato rispetto alla tamponatura, scandisce le superfici verticali interne creando una partitura che ne evidenzia la regolarità. Un grande portone montato su binari di dimensioni 9x7 m costituisce l'accesso per le macchine utilizzate negli esperimenti; sempre a quota zero sul lato adiacente vi è un'uscita di sicurezza. Sul lato opposto al grande portone si trova l'ingresso per il personale tecnico-scientifico; posizionato a 2,50 m dal piano di calpestio, è collegato da una scala metallica. Su questa quota si colloca la cabina di monitoraggio, detta pulpito, divisa dallo spazio della sala da due grandi aperture vetrate, protette da rete metallica. Questo ambiente è direttamente relazionata al dipartimento DEE. L'edificio, esternamente, si presenta libero su due lati e, come nell'interno, su questi è visibile il telaio strutturale che diventa motivo ordinatore rispetto all'eterogeneità circostante.

La Sala Alta Tensione situandosi sul perimetro ovest del Campus, quindi adiacente a via Re David, rappresenta un'importante emergenza architettonica. A partire da tali presupposti di ricerca l'esigenza di approfondire questo edificio con l'obiettivo di istituire una nuova destinazione d'uso.

In linea con le preoccupazioni del Dipartimento e con le analisi condotte a seguito del Progetto T.E.S.I., è possibile ipotizzare due programmi di intervento differenti. Entrambi mirano a restituire una nuova funzionalità: mentre il primo prevede, quasi in senso filologico, la restituzione e la ricostruzione di un aggiornato laboratorio scientifico-sperimentale; il secondo, indicando la costruzione di una biblioteca o museo, introduce le tematiche specifiche riguardanti il "Palazzo delle Biblioteche", quindi il patrimonio librario e museale del Campus. Tuttavia, le due proposte non mirano a modificare lo spazio d'intervento semmai a conservarlo nelle sue valenze architettoniche e nella sua vocazione didattica. La strategia d'intervento si fonda, quindi, sul presupposto di bilanciare aspetto conservativo e innovativo, ritenendo l'attuale edificio un esempio di "archeologia didattica" e al tempo stesso un'occasione in cui misurare nuove qualità progettuali. Poiché, nella definizione di "Palazzo delle Biblioteche" è incluso lo studio del patrimonio museale, si potrebbe presupporre tale destinazione,



Prospetto della Sala Prove in Alta Tensione prospiciente via Re David.

forse più di ogni altra aderente ai particolari caratteri del luogo. Una premessa così ambivalente, e apparentemente contraddittoria, rimane un atto ottimistico nei confronti dell'attuale disagio edilizio del Campus. Utile sarebbe l'idea lanciata dal Consiglio di Amministrazione del Politecnico, di promuovere un concorso d'architettura che possa produrre un ampio e qualificato panorama di soluzioni. Questa scelta è sicuramente la via più corretta per dare un nuovo corso al destino dell'edilizia universitaria del Campus di Bari, compromessa da una progettazione decontestualizzata, priva di attenzioni e valenze architettoniche.

## Breve storiografia della Sala Prove in Alta Tensione del DEE

### Giuseppe Acciani

Docente di Elettrotecnica presso il Politecnico di Bari

### Antonio Dell'Aquila

Presidente della Prima Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Bari  
Docente di Elettronica di potenza presso il Politecnico di Bari

### Francesco Lattarulo

Docente di Elettrotecnica presso il Politecnico di Bari

La Sala Prove in Alta Tensione del Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica nasce alla fine degli anni '60 quando l'ing. Giovanni Borghi, fondatore della "Ignis", una rinomata e storica azienda produttrice di elettrodomestici, in particolare frigoriferi, fece dono all'allora Istituto di Elettrotecnica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bari delle apparecchiature necessarie a realizzare un moderno laboratorio per le prove in Alta Tensione. Era da poco stato istituito a Bari il Corso di Laurea in Ingegneria Elettrotecnica, primo corso di laurea nel settore industriale che si andava ad affiancare al tradizionale e più vecchio Corso di Laurea in Ingegneria Civile. Erano gli anni in cui si stimava come distintivo ed eccellente, per una istituzione universitaria attiva anche nel settore elettrotecnico, tutto quanto potesse ottenere ad attività sperimentali sulle alte tensioni condotte in un idoneo laboratorio. La donazione dell'ing. Borghi consentì la acquisizione delle apparecchiature per realizzare un laboratorio per prove standard in alta tensione a frequenza industriale (fino a 750 kV efficaci) e ad impulso atmosferico (fino a 1600 kV di picco). L'insediamento successivo, nella prima metà degli anni '70, della Facoltà di Ingegneria nella sede attuale all'interno del Campus universitario, determinò la definitiva ubicazione di questo laboratorio nell'attuale corpo di fabbrica, ad hoc progettato e realizzato nel rispetto di tutti i dettagli tecnologici e dimensionali necessari. Era il 1973, e finalmente la Facoltà di Ingegneria di Bari si poteva legittimamente vantare, a livello nazionale, di possedere una Sala Alte Tensioni solo seconda, in termini cronologici, al laboratorio di Padova ed unica, per dimensioni e potenzialità, nel Centro-Sud del Paese. Negli anni successivi un grande sforzo fu fatto dall'allora Istituto di Elettrotecnica per lo sviluppo delle attività inerenti l'uso del laboratorio, attraverso la formazione di una squadra di tecnici specializzati alla esecuzione di prove standard per conto-terzi e di ricerca, e tramite anche la costituzione di una Unità barese afferente al Gruppo di ricerca CNR sulle Alte Tensioni e l'istituzione del corso di "Tecnica delle alte tensioni" per il Corso di laurea in Ingegneria Elettrotecnica. Il decennio successivo fu caratterizzato da un forte impegno di laboratorio sia sul versante delle prove standard, soprattutto per conto dell'Enel e delle aziende satelliti, sia su quello delle attività didattiche e di ricerca. Queste ultime furono in particolare svolte nell'ambito di progetti nazionali (con finanziamento ministeriale), a cui afferivano diverse Unità del suddetto Gruppo Nazionale di Ricerca sulle Alte Tensioni, e di specifici contratti con il CREL (Centro Ricerche Elettriche dell'Enel, sede di Cologno Monzese). Le tematiche trattate essenzialmente vedevano impegnata l'Unità di Bari in attività sperimentali sull'effetto corona in regime stazionario e sugli effetti biologici di intensi campi elettrici quasi stazionari (in collaborazione con un'equipe medica universitaria locale). Purtroppo, già a partire dagli anni '90 si dovette assistere ad un progressivo ed inarrestabile decadimento generale del laboratorio a causa del verificarsi di diversi fattori negativi pressoché concomitanti. In estrema sintesi, si verificò: - l'acquisizione da parte dell'Enel del pacchetto azionario di maggioranza del CESI, la qual cosa comportò il dirottamento su quel centro di tutto il materiale da testare e, di conseguenza, la drastica riduzione delle prove conto-terzi commissionate al DEE; - l'insostenibilità dei costi, per una struttura accademica come il Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica, di manutenzione straordinaria, ammodernamento ed aggiornamento della Sala, soprattutto in riferimento alle messe a norma richieste, in particolare degli impianti meccanici di sollevamento e manovra, nonché l'eccessivo costo necessario per l'acquisizione di una nuova strumentazione di controllo e misura ancillare agli impianti di produzione delle alte tensioni,



A sinistra: due immagini della Sala Alta Tensione in fase di costruzione, gennaio 1970.

in sostituzione di quella esistente ormai obsoleta; - la soppressione dei gruppi di ricerca del CNR, specificamente quello sulle Alte Tensioni, e il fallimento del progetto di istituzione del Gruppo di Ricerca sui Materiali - che avrebbe dovuto sostanzialmente ripristinare la compagine dell'ex Gruppo Alte Tensioni - e la conseguente dispersione dei componenti del Gruppo di ricerca soppresso in ambiti parzialmente affini o contigui; - l'evoluzione tecnologica verso la Compatibilità Elettromagnetica che ha comportato l'ingresso e la rivisitazione culturale in questo nuovo settore di diverse tematiche tradizionalmente comprese nell'ambito delle Alte Tensioni, e che hanno visto la creazione nel DEE di una moderna Camera Schermata; - la conseguente soppressione, sotto l'impulso evolutivo degli ordinamenti didattici e per ragioni di ottimizzazione dell'impiego del personale docente e non-docente, della disciplina "Tecnica delle Alte Tensioni" a favore della attivazione di altre, quali "Compatibilità elettromagnetica industriale" per il Corso di Laurea in Ingegneria Elettrica. Allo stato attuale, va comunque annotato come alcune significative attività sperimentali vengono ancora condotte nell'ambito delle Alte Tensioni, con riferimento specifico ad alcune tematiche di compatibilità elettromagnetica, quali la ESD (scarica elettrostatica) e lo studio di avanzamento del leader di una scarica atmosferica. Per le suddette attività sperimentali viene utilizzata solo una parte minoritaria dell'intero laboratorio, e tali attività saranno continuate in uno dei laboratori da prevedersi nei lavori di riqualificazione della struttura.

### Elenco apparecchiature sala alte tensioni

Si riporta qui di seguito una descrizione sommaria delle principali apparecchiature presenti nella Sala Alte Tensioni del DEE.

### Generatore di impulsi atmosferici

Serve a generare impulsi di tensione (valore di picco massimo 1,6 MV, della durata massima di alcune centinaia di microsecondi) applicabili a dispositivi elettrici progettati per le Alte Tensioni. Gli impulsi prodotti da tale generatore permettono di simulare in laboratorio gli effetti della fulminazione atmosferica.

### Trasformatori monofasi per Alte Tensioni

Servono a produrre una forma d'onda sinusoidale a frequenza industriale (50 Hz) di ampiezza molto elevata. La tensione massima di ingresso è di 500 V mentre la tensione massima in uscita è di 250 kV per ciascuna unità. Le tre unità possono essere collegate in cascata per ottenere un valore massimo di tensione di uscita pari a 750 kV. Tale tensione viene applicata alle grosse apparecchiature per Alte Tensioni durante le prove di isolamento richieste dalla normativa vigente.

### Divisore di tensione capacitivo

Serve per la riproduzione fedele del segnale applicato al dispositivo in prova (durante le prove a frequenza industriale) sull'oscilloscopio o sulle apparecchiature di misura. E' formato da due stadi: uno di alta tensione (valore nominale: 750 kV) e l'altro di bassa tensione (valore nominale: 1,5 kV). Lo stadio di alta tensione è costituito da tre condensatori in serie.

### Divisore di tensione misto (resistivo-capacitivo)

Serve per la riproduzione fedele del segnale impulsivo applicato al dispositivo in prova (durante le prove ad impulso atmosferico) sull'oscilloscopio o sulle apparecchiature di misura. E' formato da due stadi: uno di alta tensione (valore di picco nominale: 1,6 MV) e l'altro di bassa tensione (valore nominale: 1,5 kV). Lo stadio di alta tensione è costituito dalla serie di due blocchi RC in parallelo.

### Spinterometro a sfere (diametro: 1,5 m)

Serve per la misura diretta di tensioni impulsive fino a 1480 kV di valore di picco e per la misura di tensioni alternative fino a 1 MV (valor efficace). E' posto in posizione verticale conformemente alle norme CEI. E' formato da: - una sfera inferiore (in alluminio con calotta in rame) dotata di servomotore per lo spostamento lungo l'asse verticale; - una sfera superiore (in alluminio con calotta in rame) fissa nello spazio e ancorata alla parete della sala A.T. tramite una catena di isolatori.

## Un aneddoto sulla costruzione della Sala Alta Tensione

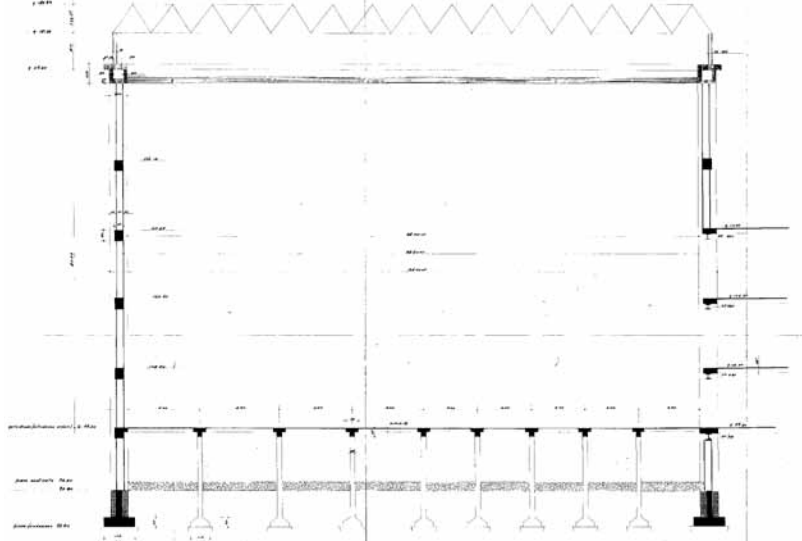
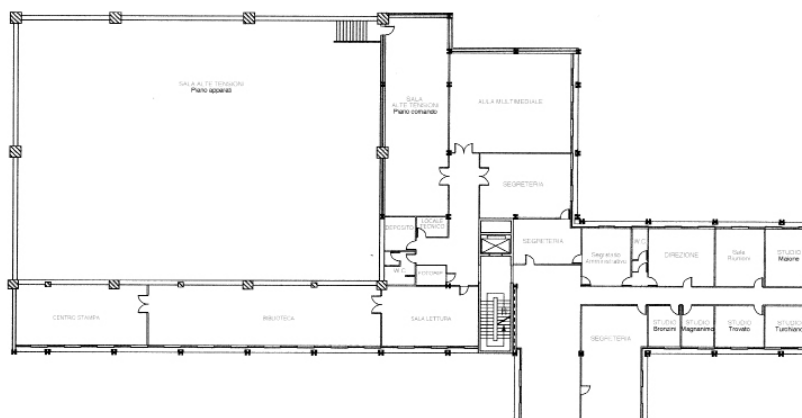
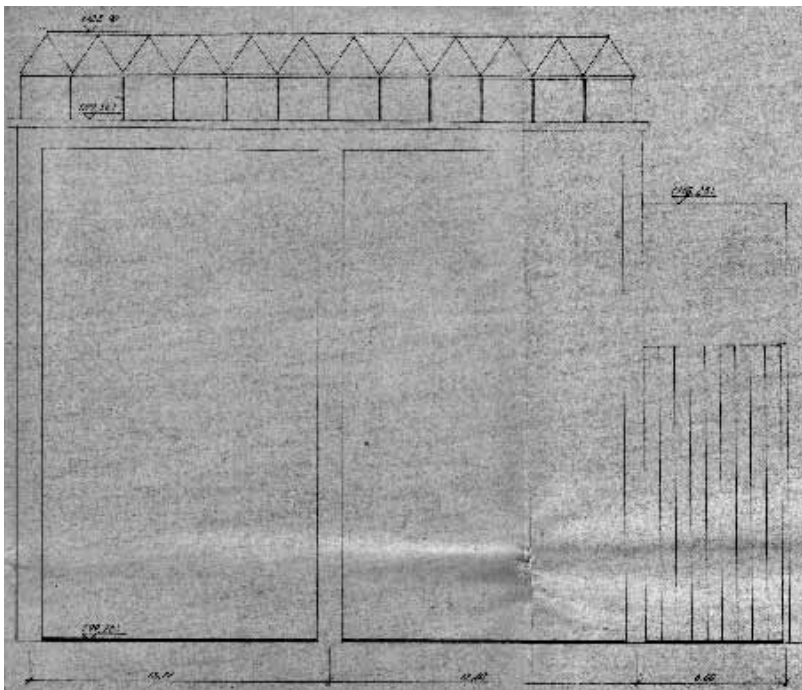
### Piero Masini

Direttore dei Lavori della Sala Alta Tensione  
Docente di Tecnica dei Lavori Idraulici al Politecnico di Bari

Sono entrato nello staff della direzione dei lavori della costruenda Facoltà di Ingegneria nel novembre 1969. Direttore dei lavori era in quella fase l'ingegner Giovanni Nicotera, Ingegnere Capo del Genio Civile della Provincia di Bari. Il cantiere aveva un aspetto quasi spettrale con le strutture in acciaio praticamente tutte ossidate e pochi operai che si aggiravano tra i rustici plessi senza un particolare scopo. Il corpo della futura sala alta tensione aveva assunto l'aspetto del resto delle strutture. Pilastri in c.a., solaio di calpestio e null'altro. Il solaio si poggiava su una selva di pilastri, di difficile comprensione statica, infatti sarebbe stato più logico realizzare il piano di calpestio su vespaio, il che avrebbe consentito di poggiare senza problemi attrezzature di rilevante carico, cosa che in effetti poi accadde con conseguenze quasi tragicomiche. Divenuto Direttore dei lavori, all'inizio del 1970, la Sala Alta Tensione fu il primo plesso ad essere completato in quanto tutte le apparecchiature necessarie per il suo funzionamento erano state donate dall'ingegnere Giovanni Borghi, quale suo dono alla Facoltà per aver ottenuto la Laurea *ad honorem*, e giacevano in deposito da vari anni. Tutta la Sala Alta tensione era stata impostata e realizzata in funzione delle caratteristiche dimensionali, di peso e del loro funzionamento. Quindi, conosciuti i singoli carichi ed il loro posizionamento, all'atto della posa in opera della pavimentazione mi premurai di far contornare le zone atte a sopportare un maggior carico con un gres di diverso colore ripetito al resto del pavimento. Ad opera ultimata, schermatura, impianti, copertura spaziale, portale automatico di ingresso, binari a terra per l'appoggio di carrelli ferroviari trasportanti trasformatori per le prove di certificazione, impianti, schermatura, praticamente la sala era pronta a funzionare. Venne a visitare la sala il prof. Lorenzo de Montemayor Direttore dell'Istituto di Elettrotecnica, gran gentiluomo, cattedratico di vecchio stampo, che alla prima occhiata alla sala, mi chiese il perché delle zone diversamente colorate del pavimento. Tranquillamente risposi che si trattava di partizioni di solaio a portanza maggiore. Meravigliatissimo il Prof. de Montemayor mi chiese come le apparecchiature sarebbero potute arrivare in quelle zone avendo un peso superiore a quella di portanza del resto dei solai. Risposi sorpreso chiarendo che il solaio era stato realizzato prima della mia nomina e che comunque anche per le zone di maggior portanza doveva essere fatto un atto di fede in quanto non avevamo documenti certi, ma solo ricordi di qualche tecnico dell'impresa. Comunque il professore non volle sentir ragioni e mi chiese di risolvere il suo problema. Passai un paio di notti a pensare come poter risolvere la cosa, anche perché la mia giovane età, ventisette anni, non mi consentiva di assumere una posizione che contrastasse un cattedratico di così rilevante statura accademica. E così trovai una soluzione: realizzare un solaio sovrapposto a quello esistente per un sovraccarico di 2000 kg/mq per tutta la superficie, addirittura sul pavimento esistente, scapicizzare, cioè trovare tutte le armature esistenti dei sottostanti pilastri e collegarli al nuovo solaio. Da quanto raccontato si può comprendere il perché del gradino di circa venticinque centimetri all'ingresso della sala, altrimenti incomprensibile, e immagino la sorpresa di chi nel futuro andrà a rimuovere l'attuale solaio, in un possibile scavo archeologico e trovarsi alla presenza di due solai, due massetti, due pavimenti, domandandosi il perché di tale realizzazione, e perché i nostri antenati costruivano in questo modo incomprensibile.



Dall'alto verso il basso: interno della Sala Alta Tensione in fase di costruzione, gennaio 1970; prospetto nord; planimetria piano terra; sezione longitudinale.



## Sala di Alte Tensioni

### Vitantonio Amoruso

Docente di Elettrotecnica al Politecnico di Bari



1. Generatore impulsi  
Caratteristiche tecniche  
Valore di picco massimo: 1,6 MV  
Forma d'onda impulsiva: 1,2/50 µs  
Numero di stadi: 8  
Tensione nominale unità di raddrizzamento: 200 kV  
Altri valori di picco massimi ottenibili mediante riconfigurazione del circuito: 800 kV, 400 kV e 200 kV.

La sala di Alte Tensioni (A.T.) del Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica è predisposta per l'esecuzione delle prove di isolamento su grosse apparecchiature previste dalla Normativa vigente. Le prove eseguibili sono quelle ad impulso e quelle a frequenza industriale. Le prime si realizzano mediante il generatore di impulsi atmosferici, mentre le seconde si realizzano mediante tre trasformatori monofasi collegati in cascata.

### Generatore di impulsi atmosferici

Serve a generare impulsi di tensione (della durata massima di alcune centinaia di microsecondi) applicabili a dispositivi elettrici progettati per le Alte Tensioni. Gli impulsi prodotti da tale generatore permettono di simulare in laboratorio gli effetti della fulminazione atmosferica diretta sulle parti isolanti delle macchine o interruttori elettrici destinati al funzionamento nelle sottostazioni esterne. La tipica forma d'onda di tensione prodotta in uscita da questo generatore è rappresentata in fig. 1. Il fronte d'onda ha un tempo di salita di 1,2 µs (dall'istante di partenza sino all'incirca al valor massimo) mentre l'andamento in coda (parte in discesa della forma d'onda) deve essere tale da raggiungere l'emivaltore (cioè il 50% del valor massimo) dopo 50 µs. La normalizzazione di questa forma d'onda è necessaria per rendere confrontabili i risultati ottenuti sullo stesso oggetto in prova da diversi laboratori. I valori suddetti sono il risultato di studi statistici condotti in passato su numerose forme d'onda di corrente impulsiva misurate sul campo durante i temporali.

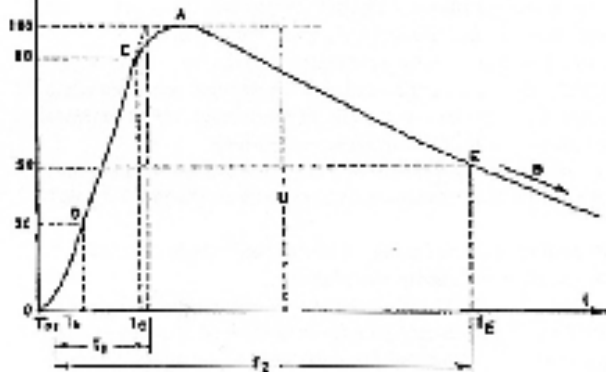


Fig. 1: forma d'onda normalizzata prodotta dal generatore di impulsi. Per l'impulso atmosferico il tempo di salita T1 è normalizzato a 1,2 µs mentre il tempo all'emivaltore è di 50 µs.

Per produrre la forma d'onda di fig. 1 si adotta il generatore di impulsi di fotografia n. 1. Questo generatore è formato da 8 stadi collegabili in diverse maniere per ottenere le diverse prestazioni richieste dalla normativa vigente. Ogni stadio è formato da un circuito resistivo-capacitivo (RC) che contribuisce alla formazione della forma d'onda di uscita finale. I condensatori sono posti nei contenitori verdi posti orizzontalmente mentre le resistenze sono costituite dai cilindri di color grigio. Le parti di colore marrone sono parti isolanti realizzate in cartone bachelizzato. Le armature dei condensatori sono realizzate con fogli di alluminio separate da carta impregnata di olio. Per ogni stadio ci sono due condensatori della capacità di 1 µF posti in serie fra loro (in tutto sono 16 condensatori). Le resistenze sono di tipo anti-induttivo in modo da rendere trascurabili le oscillazioni della forma d'onda d'uscita intorno a quella normalizzata. Inoltre ogni stadio è dotato di una coppia di sfere spinterometriche la cui distanza è regolabile dal quadro di comando. Fra queste sfere avviene l'innescò di una scarica di stadio che permette a ciascun condensatore di scaricare l'energia accumulata precedentemente e contribuire alla formazione della tensione d'uscita. Maggiore è la distanza spinterometrica fra le sfere e più alto sarà il valore di picco della tensione d'uscita.

### Principio di funzionamento del generatore d'impulsi

Per illustrare il principio di funzionamento del generatore di impulsi si faccia riferimento agli schemi elettrici riportati in fig. 3, fig. 4 e 5 che rappresentano un generatore a 4 stadi. Il morsetto d'uscita AT viene collegato all'oggetto in prova a valle di una resistenza esterna non rappresentata in figura. I condensatori di stadio C1 vengono caricati mediante una sorgente di corrente continua, ottenuta per conversione della corrente alternata con raddrizzatori a semiconduttori. Il valore massimo di carica di uno stadio è di 200 kV, non essendo più agevole, oltre tale valore, ottenere la tensione continua necessaria alla carica. Per ottenere valori massimi di tensione superiori si connettono fra loro più stadi. Il valor di picco dell'onda di tensione in uscita dipende dal numero di stadi caricati nella prima fase.

La forma d'onda impulsiva generata è il risultato di due fasi di carica e scarica dei condensatori di stadio. Lo schema di fig. 3 è relativo ad un generatore a quattro stadi. Ogni stadio è costituito da un condensatore C1, da un resistore di carica RC, dai resistori di fronte R1 e di coda R2 e da una coppia di sfere (spinterometro a sfere). La distanza fra le sfere può essere regolata a piacere, in modo simultaneo per tutti gli stadi mediante un motoriduttore inserito sul basamento del generatore sufficiente a far ruotare un albero filettato che provvede allo spostamento del gambo portante delle sfere. Invertendo il senso del moto, la distanza fra le sfere potrà essere aumentata o ridotta a seconda delle necessità. I pulsanti di comando del motoriduttore sono montati sul quadro di comando posto sul pulpito della sala. Dal punto di vista elettrico il generatore di tensioni impulsive, partendo dallo schema di fig. 3, ha questo comportamento:

1) Fase di carica delle C1: nella fase di carica lo schema risulta modificato come quello riportato in fig. 4 nel quale sono stati trascurati gli spinterometri che non sono innescati in questa fase. I condensatori C1 vengono caricati in parallelo attraverso le resistenze RC, R1 e R2; anche la resistenza di carica esterna R interviene in questa fase. La carica viene effettuata in modo lento onde permettere ai condensatori di portarsi tutti alla stessa tensione d'uscita del circuito raddrizzatore (< 200 kV). Il sistema di alimentazione è costituito da un trasformatore elevatore monofase (14 kVA) il cui avvolgimento primario, a bassa tensione (380 V), viene collegato con una fonte di corrente alternata e un regolatore di tensione, mentre l'avvolgimento secondario, attraverso il resistore di carica R (di una decina di kW) e un raddrizzatore al selenio di corrente nominale 30 mA, alimenta i condensatori. Il circuito raddrizzatore è montato in un contenitore metallico contenente olio isolante di raffreddamento. La tensione continua d'uscita viene riportata all'esterno mediante un isolatore passante in cartone bachelizzato.

2) Fase di scarica delle C1 (vedi fig. 5): gli spinterometri sono ora innescati e collegano le C1 in "serie fra di loro" (i valori di R2 sono molto alti e quelli di R1 molto bassi). In questo modo la tensione d'uscita sarà data dal prodotto della tensione a cui si sono caricati i condensatori nella fase precedente per il numero di stadi. Per quanto riguarda l'innescò delle sfere spinterometriche bisogna precisare che quelle del primo stadio sono mantenute ad una distanza leggermente inferiore a quelle degli stadi successivi in modo che l'innescò della scarica fra gli spinterometri di stadio avvenga in sequenza dal primo all'ultimo stadio. Durante questa fase avviene anche la registrazione del segnale mediante un oscilloscopio posto sul pulpito della sala A.T. Pertanto si provvede allo sgancio dell'oscilloscopio per la partenza dell'asse dei tempi mediante un segnale captato per via elettromagnetica attraverso l'aria e inviato da una piccola antenna posta in prossimità del primo stadio del generatore. Il segnale di tensione così generato deve essere fedelmente riprodotto sull'oscilloscopio con un valore massimo che non superi i 1500 V (limite massimo di tensione sopportabile dall'oscilloscopio per A.T.). A tal fine al morsetto d'uscita del generatore è connesso un divisore di tensione di tipo misto RC, idoneo alla riproduzione di segnali impulsivi. Nella fotografia n. 1 esso appare accanto al generatore come una colonna verticale di colore marrone. Il segnale in tensione, ridotto a valori compatibili col funzionamento dell'oscilloscopio, viene prelevato e inviato mediante un cavo schermato alle placche deflettrici verticali dell'oscilloscopio. Il cavo, per questioni di riduzione di interferenze elettromagnetiche esterne, arriva all'oscilloscopio passando sotto la magliaatura metallica posta nel pavimento della sala A.T. La Norma prevede l'applicazione sull'oggetto in prova di 15 impulsi che vengono tutti registrati. Se all'interno dell'oggetto avviene una scarica, la forma d'onda registrata sarà diversa da quella di fig. 1 (la tensione tenderà velocemente a zero). Comunque la prova si riterrà superata se su 15 impulsi applicati solo due sono invalidati.

### Trasformatori monofasi per Alte Tensioni

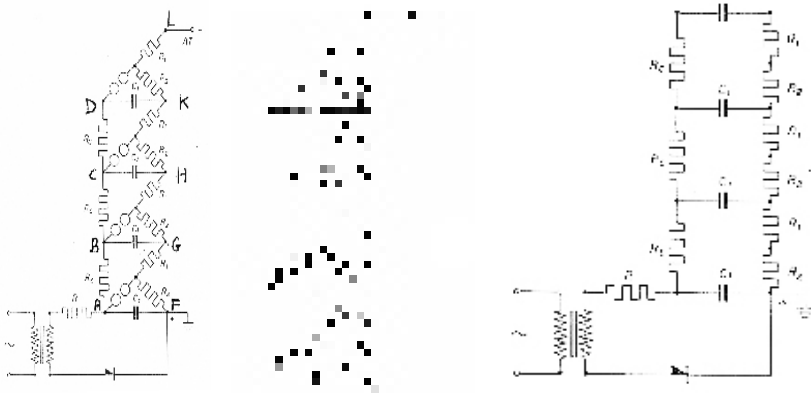
Servono a produrre una forma d'onda sinusoidale a frequenza industriale (50 Hz) di ampiezza molto elevata. Infatti la Normativa prevede che le apparecchiature per esterno siano sottoposte, oltre che alle prove ad impulso atmosferico, anche a quelle a frequenza industriale per simulare le sollecitazioni derivanti dalle sovratensioni di manovra che avvengono sulle linee di trasmissione a cui sono connesse. La prova a frequenza industriale consiste nell'applicare per un minuto all'oggetto in prova una tensione sinusoidale di valore massimo superiore a quello nominale dell'oggetto secondo una percentuale che è funzione della tensione di esercizio del sistema e che è pubblicata sulle Norme CEI. I trasformatori della fotografia n. 2 permettono di coprire tutte le esigenze normative italiane visto che la tensione massima di esercizio nominale prevista in Italia è di 400 kV. Ciascuna unità trasformatrice prevede un avvolgimento primario la cui tensione massima di ingresso è di 500 V e un avvolgimento secondario con tensione massima in uscita di 250 kV. Tale valore di tensione d'uscita è resa disponibile a valle dell'isolatore passante cilindrico di colore marrone (vedi fig. 2). I morsetti di uscita sono all'interno di uno schermo sferico antieffluvio utile ad evitare la scarica per effetto corona che si realizzerebbe a tali valori di tensione in prossimità dei contorni spigolosi dei morsetti stessi. Le tre unità possono



2. Trasformatori monofasi per alte tensioni collegati in cascata  
Caratteristiche tecniche  
Tensione nominale primaria: 500 V  
Tensione nominale secondaria: 250.000 V  
Potenza nominale: 225 kVA (I unità) ; 150 kVA (II unità);  
75 kVA (III unità)  
Frequenza: 50 Hz  
Tensione di corto circuito: 4,7%

essere collegate in cascata per ottenere un valore massimo di tensione di uscita pari a 750 kV. La prima unità è quella che si trova collegata al pavimento (posto al potenziale di terra) mentre la seconda e la terza sono quelle sopraelevate da terra e isolate dal pavimento rispettivamente per 250 e 500 kV mediante delle colonne isolanti in cartone bachelizzato. Infatti, nel collegamento in cascata ogni unità prevede alla precedente la tensione d'uscita e aggiunge a questa il valore da essa prodotta che al massimo sarà di 250 kV. La potenza elettrica della prima e della seconda unità sono rispettivamente tripla e doppia di quella della terza unità dato che ciascuna unità che precede deve fornire potenza a quella che la segue. Il raffreddamento del circuito magnetico è affidato alla circolazione naturale dell'olio posto nel cassone metallico di contenimento.

Fig. 2: schema elettrico di un generatore di impulsi a 4 stadi;  
fig. 3: fase di scarica dei condensatori C1; fig. 4: fase di carica del generatore di impulsi.



### Divisore di tensione capacitivo

Serve per la riduzione del segnale sinusoidale applicato al dispositivo in funzione durante le prove a frequenza industriale al fine di poterne effettuare la misura mediante voltmetri posti nel quadro di manovra sul pulpito della S.A.T. E' formato da due stadi: uno di alta tensione (valore nominale: 750.000 V) e l'altro di bassa tensione (valore nominale: 1500 V). Lo stadio di alta tensione è costituito da tre condensatori (di capacità pari a 400 pF) posti in serie realizzati in fogli di alluminio isolati con carta impregnata d'olio. Questi condensatori sono inseriti in cilindri verticali di materiale isolante (cartone bachelizzato). I morsetti di collegamento fra i tre stadi sono ricoperti da schermi antieffluvio di forma toroidale. Il cavo d'uscita che trasmette il segnale di tensione ridotto è opportunamente schermato contro le interferenze elettromagnetiche e passa sotto il grigliato dell'impianto di terra posto nel pavimento della sala A.T.

### Spinterometro a sfere

Serve per la taratura del sistema a cui è connesso. Tensione nominale: 1,6 MV. E' formato da due sfere di diametro pari a 1,5 m. La distanza assiale fra le sfere è detta distanza spinterometrica ed è strettamente correlata alla tensione di innescò dell'arco fra le sfere. La correlazione fra tensione applicata alle sfere e distanza spinterometrica è pubblicata sotto forma di tabelle sulle Norme CEI. In particolare, lo spinterometro della fig. 3 ha la sfera superiore in posizione fissa nello spazio mentre quella inferiore è suscettibile di allontanamento da quella superiore mediante un motore manovrato dal quadro di comando posto sul pulpito della sala A.T. Le due sfere sono realizzate in poliesteri rivestito di fogli di alluminio. L'applicazione di una tensione superiore a quella di innescò implica lo scoccare di un arco elettrico fra le parti più vicine delle due sfere. Solo la calotta centrale delle due sfere è realizzata in rame perché questo materiale (al contrario dell'alluminio) sopporta meglio le temperature indotte dall'arco innescato fra le sfere. La sfera superiore è isolata da terra e viene collegata



3. Divisore capacitivo per prove a frequenza industriale (a sinistra)  
Caratteristiche tecniche  
Tensioni nominali: 750.000 /1500 V  
Capacità di stadi: 400 pF  
Numero di stadi: 3  
Frequenza: 50 Hz  
Spinterometro a sfere (al centro)  
da 1,5 m di diametro  
e tensione nominale 1,6 MV

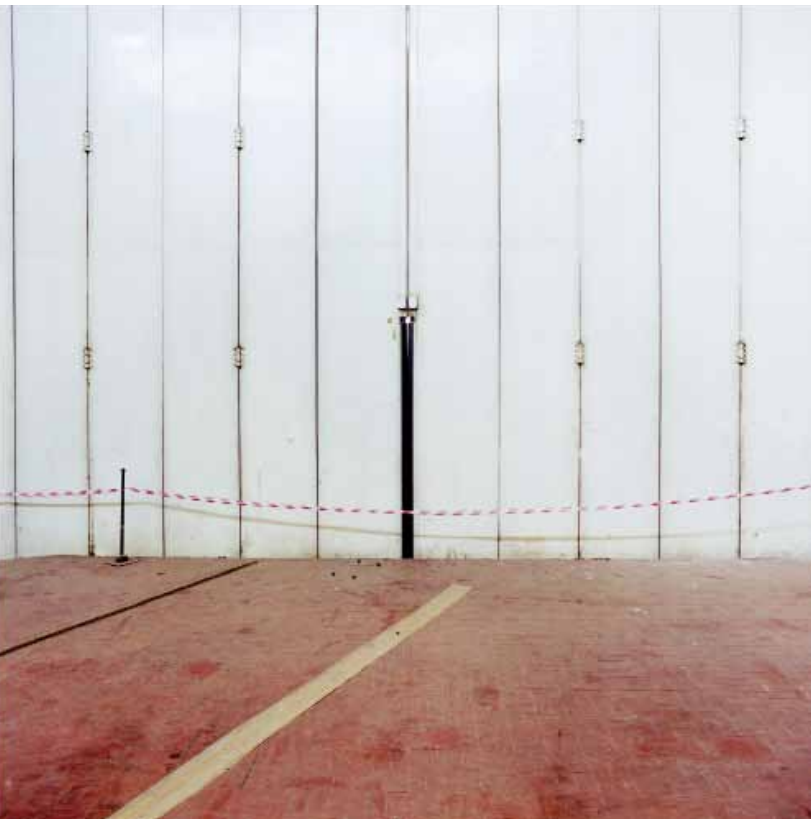
al sistema in tensione mentre la sfera inferiore è permanentemente connessa all'impianto di terra della sala per scaricare l'eventuale corrente di scarica.

### Attività della sala Alte Tensioni

La sala Alte Tensioni è stata utilizzata sia per lo svolgimento di prove conto terzi che per attività di ricerca. Per quanto riguarda le prove conto terzi (prove su richiesta di committenti esterni con rilascio della relativa certificazione) sono state svolte prove ad impulso e a frequenza industriale soprattutto su grossi interruttori di media tensione e su isolatori portanti e prove di tenuta di scarica su nuove mescole isolanti da utilizzare per la realizzazione a livello industriale di pavimentazioni isolanti in ambienti industriali e mobili. L'attività di ricerca ha riguardato soprattutto due temi di rilevanza internazionale: a) l'effetto corona e lo studio del drift elettronico da conduttori in tensione verso un piano di terra; b) lo studio della scarica elettrostatica da oggetti allungati di varia forma.

## La Sala Alta Tensione

### Fotografie di Michele Cera

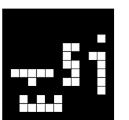


Vincenzo D'Alba, Francesco Maggiore

## La Sala Prove in Alta Tensione della Facoltà di Ingegneria

- Testi di Giuseppe Acciani, Vitantonio Amoruso, Antonio Dell'Aquila, Francesco Lattarulo, Piero Masini  
- Fotografie di Michele Cera

07  
1



PROGETTO T.E.S.I.  
TESI EUROPEE  
SPERIMENTALI INTERUNIVERSITARIE

IL PALAZZO DELLE BIBLIOTECHE  
TEORIA, STORIA E PROGETTO  
IPOSTESI PER IL CAMPUS UNIVERSITARIO DI BARI



FONDO FRANCESCO MOSCHINI  
ARCHIVIO A.A.M. ARCHITETTURA ARTE MODERNA  
PER LE ARTI, LE SCIENZE E L'ARCHITETTURA

A.A.M. ARCHITETTURA ARTE MODERNA  
FONDAZIONE GIANFRANCO D'AGUIDARI

Mario Adda Editore