

Vol. I.º (XVIII.º degli ATTI) Milano, 5 Febbraio 1914 N.º 1.

L'Elettrotecnica

Giornale ed Atti della
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

— Si pubblica il 5, 15 e 25 di ogni mese —

DIREZIONE ED AMMINISTRAZIONE
... MILANO — VIA S. PAOLO, N. 10 ...

PROPRIETÀ LETTERARIA
È vietato riprodurre articoli della presente Rivista
senza citarne la fonte
Per la PUBBLICITÀ rivolgersi esclusivamente
all'Amministrazione del Giornale

Abbonamento annuo: L. 20.- Estero L. 25.-
Un numero separato L. 1.-

SOMMARIO

Al Soci - Note della Redazione - Gli schemi dei quadri di alcune grandi centrali americane (R. Norsa) - La nuova centrale telefonica interurbana di Parigi (G. Viard) - Simboli e notazioni adottate del Comitato Elettrotecnico Internazionale - Sunti e

Sommari - Cronaca - Indice bibliografico - Libri e pubblicazioni - Brevetti.

ATTI: Qualche dato sull'effetto utile delle precipitazioni nell'alimentazione dei corsi d'acqua (G. Anfosso) - Le misure di controllo negli impianti ad altissima tensione (A. Barbagelata) - Verbali delle Sezioni

Laboratorio Elettrotecnico

Ing. LUIGI MAGRINI - Bergamo



Apparecchi elettrici
Quadri per basse, alte e altissime tensioni
Impianti completi di centrali e cabine

Fornitore delle Ferrovie dello Stato e della R. Marina

Rappresentanti:
Ing. DANTE FIORINI - Via Marsala, 13 - Milano ..
Ing. AURELIO CORTIVO - Via Crescenzo, 2 - Roma ..
Etablissements GEORGES VANDAMEM - Ruysbroeck-Bruxelles..

Progetti, preventivi e disegni gratis a richiesta

Conto corrente colla Posta

AEIT

giugno 2014

Poste Italiane Spa - Sped. in Abb. Postale - D. L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 N. 46) Art. 1, comma 1, DCB Milano

IN PRIMO PIANO: 1914-2014 cento anni della rivista

1914



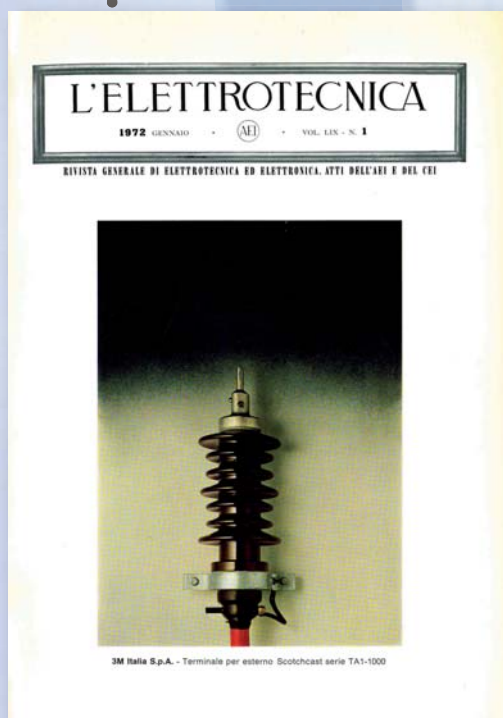
1964



1945



1972



AEIT (rivista) oggi



Mario Rinaldi
Presidente AEIT

Lo compimento di cento anni non è un evento che può passare inosservato: la nostra rivista "L'Elettrotecnica", che da qualche anno ha assunto la denominazione "AEIT" a riconoscimento dello sviluppo che ha conosciuto negli anni il mondo della elettrotecnica applicata, li compie quest'anno, nel 2014. Il primo numero del "giornale" (come allora fu definito) della Associazione Elettrotecnica Italiana (AEI), fondata nel 1896, reca la data del 5 febbraio 1914. Nacque con l'impegno di uscire il 5, 15 e 25 di ogni mese e con l'intento di pubblicare gli Atti della Associazione e cioè, riporta la lettera del presidente generale Lori, "le memorie originali lette nelle sezioni ed i verbali delle assemblee".

Lo sviluppo predetto della elettrotecnica applicata ha fatto sì che la antica denominazione "Elettrotecnica" a un certo momento non fosse più rappresentativa della realtà della scienza e della tecnica: elettronica, telecomunicazioni e informatica avevano conosciuto una tale crescita autonoma da richiedere che le "memorie originali" fossero riportate su pubblicazioni specifiche. Allora, così come la antica denominazione AEI si è reso necessario divenisse AEIT (con suddivisioni al proprio interno che tenessero conto di queste diverse "specializzazioni" scientifiche e tecniche), anche la denominazione "L'Elettrotecnica" della rivista è divenuta "AEIT".

La globalizzazione della scienza e dei contatti tra scienziati e tecnici di tutto il mondo ha portato alla necessità di disporre di una lingua comune: così come tra i naturalisti dei secoli scorsi il linguaggio nelle pubblicazioni era il latino, ai nostri giorni il linguaggio è divenuto l'inglese. Questa circostanza ha reso necessario modificare anche il *target* della rivista che usa la lingua italiana: non più pubblicazioni necessariamente "originali" ma, fondamentalmente, articoli di divulgazione scientifica di alto livello oltre, naturalmente, alle notizie relative alla vita dell'Associazione.

In Italia, la cultura scientifica e tecnica non conosce la diffusione che si riscontra in altri paesi, né tale cultura gode di adeguata considerazione: la scarsa conoscenza della matematica e della fisica non è comunemente ritenuta "ignoranza" quale in realtà è, e a maggiore ragione non è ritenuta ignoranza la mancanza di conoscenze di base nella tecnica e nella tecnologia. La grande stampa nazionale si occupa raramente di problemi di questo tipo e quando lo fa, molto spesso, gli articoli si connotano maggiormente di stile giornalistico anziché di rigore espositivo. Dunque diviene indispensabile per chi vuole acquisire conoscenze precise al fine di aumentare la propria cultura generale nel settore della scienza e della tecnologia rivolgersi a stampa specializzata. La rivista "AEIT" ritiene di operare oggi in questo contesto e di dare un importante contributo alla diffusione della cultura predetta: con l'intento particolare sia di facilitare l'affioramento di specifiche inclinazioni o di particolari interessi nei giovani che pensano al proprio futuro, sia di aggiornare le proprie conoscenze, anche al di fuori di quelle rigorosamente incentrate sulla propria attività professionale, nel caso di persone già inserite nel mondo del lavoro.

Compiere cento anni significa anche divenire parte della storia. La rivista "AEIT" e la Associazione di cui rappresenta la pubblicazione ufficiale, costituiscono una parte importante della storia d'Italia: una parte importante nel processo della industrializzazione e dello sviluppo economico. I nomi gloriosi dei direttori della rivista, dei presidenti dell'Associazione e degli autori delle memorie pubblicate sono da annoverare tra coloro che sono stati protagonisti dell'evoluzione della scienza elettrica applicata nel nostro Paese e quindi hanno contribuito a modernizzare una realtà che all'inizio del secolo scorso presentava valori dei parametri indicanti lo sviluppo ben al di sotto di quelli che caratterizzavano gli altri Paesi europei. D'altra parte l'Italia era una nazione molto giovane con qualche difficoltà di identificazione: gli elettrotecnici di tutte le regioni si unificarono invece, senza problemi, nella AEI e nelle sue pubblicazioni. I cambiamenti resi inevitabili dall'evolversi della scienza e della tecnologia hanno portato, come si è detto, ad altrettanto inevitabili cambiamenti di denominazione e a nuova identificazione di obiettivi: ma l'interesse per la scienza e la tecnologia costituiscono sempre il legame che motivano l'esistenza di Associazione e rivista.

L'economia del Paese attraversa un momento difficile, I soci dell'AEIT, come testimonia il titolo del Convegno Annuale del 2013 (*Innovazione e cultura scientifica e tecnica tecnica per lo sviluppo*), sono convinti che la ripresa e, quindi, lo sviluppo economico e sociale richiedano anche una maggiore e più significativa diffusione della cultura scientifica e tecnica: la rivista "AEIT" vuole seguitare a dare il suo contributo. *Vivat, floreat, crescat.*

IN QUESTO NUMERO

Cento anni di una rivista ("L'Elettrotecnica") non è tappa di poco conto; tanto più che si tratta dell'organo ufficiale di un'Associazione fondata come AEI nel 1896 da Galileo Ferraris e Giuseppe Colombo - anche nel segno, dunque, dei due Politecnici storici: di un'Associazione che ha contato tra i suoi iscritti i più bei nomi del mondo di riferimento e non soltanto; di un'Associazione ancora viva, pur nelle difficoltà di questa economia globalizzata e dell'associazionismo in particolare; di un'Associazione la cui storia anche più recente (passati i fulgori della seconda rivoluzione industriale) si sforza di essere attenta al nuovo, come emerge dalle ricostruzioni qui raccolte. Resta la speranza, in chi crede in AEIT e lavora e si impegna per essa e per le sue riviste, di forze fresche dotate di fantasia ma anche di umiltà, di voglia di fare ma anche di ragionare criticamente: secondo gli obiettivi indicati dall'attuale presidente generale *Mario Rinaldi* nel suo saluto d'apertura.

Se le riviste vivono anche della vita dei direttori, la ricostruzione delle loro personalità, da Angelo Barbagelata a Piero Regoliosi, è fondamentale per la microstoria della testata: ce ne parla *Stefano Morosini*.

Dagli "Atti della AEI" (1897), all'"Elettrotecnica" che festeggiamo, ad "AEI - Automazione Energia Informazione", alla nostra "AEIT": a chi affidare una traversata del genere se non a una persona attiva per la rivista da circa mezzo secolo, come *Giovanni Ricca*?

La sinergia tra elettrotecnica e nascente elettronica, poi tra elettronica e comunicazioni, ha allargato via via la prospettiva dell'Associazione da quelle che si chiamavano correnti forti alle correnti deboli. *Maurizio Vallauri* in particolare si sofferma sulla storia intrecciata dell'"Elettrotecnica" e di "Alta Frequenza"; *Angelo Luvison* e *Alfredo Biocca* illustrano la nascita e i successi delle telecomunicazioni, di pari passo con l'evoluzione dell'Associazione da AEI ad AEIT.

Anche una disciplina come l'Automatica, di origine antica (si pensi al regolatore centrifugo di Watt dai tempi della prima rivoluzione industriale), ma di istituzionalizzazione relativamente recente, ha avuto significativo diritto di cittadinanza nelle nostre pagine: lo conferma (come ricorda *Sergio Bittanti*) il convegno AEI del settembre '56 all'Università di Trieste - mese e luogo che rinviano all'oggi - su "Regolazione automatica e servomeccanismi".

I contributi che seguono presentano due strutture culturali dell'AEI, che si sono mantenute e rilanciate in strutture e forme nuove: la Biblioteca Centrale ora a Trieste (*Mario Policastro*) e la Biblioteca della Sezione di Milano ora al Museo della Tecnica Elettrica dell'Università di Pavia (*Antonio Savini*).

Chiude il fascicolo l'intervista a *Francesco Illiceto*, professore emerito dell'Università di Roma "La Sapienza", e protagonista in Italia e all'estero per quasi sessanta anni nel campo dei Sistemi elettrici per l'energia.

Per finire un ringraziamento al segretario di redazione *Fabrizio Trisoglio*, curatore con chi scrive di questo numero speciale storico.

La rivista è pubblicata con il concorso del Consiglio Nazionale delle Ricerche. È vietato riprodurre articoli della rivista senza citarne la fonte. Registrazione Tribunale di Milano del 29.08.1948 - N. 395. Iscrizione R.O.C. numero 5977 10.12.2001

Poste Italiane Spa - Spedizione in Abb. Postale - D. L. 353/2003 (conv. in Legge 27/02/2004 N. 46) Art. 1, comma 1, DCB Milano

Abbonamento annuale (10 numeri) € 90,00 da versare sul conto corrente postale n. 274209.

Fascicoli separati € 15,00
Arretrati € 30,00
Tiratura 6 000 copie



Associato all'USPI Unione
Stampa Periodica Italiana

Proprietaria ed Editrice © Associazione Italiana di Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni - AEIT

Direttore:
Andrea Silvestri

Direttore Responsabile:
Maurizio Delfanti

Comitato Editoriale:
Michela Billotti, Antonio Capone, Aurora Caridi,

Claudio Cherbauchich, Guido Clerici, Bruno Cova, Nicolò Di Gaetano, Eugenio Di Marino, Silvio Della Casa, Arrigo Frisiani, Elena Fumagalli, Dario Lucarella, Angelo Luvison, Marco Merlo, Valeria Olivieri, Marino Sforna, Attilio Skoff, Fabio Zanellini

Redazione:
Fabrizio Trisoglio - red_aeit@aeit.it

Hanno collaborato:
E. Fassina, A. L. Fontana, G. Notaro

S O M M A R I O

AEIT • numero 6

giugno 2014

Editoriale	1
AEIT (rivista) oggi Mario Rinaldi	
1914-2014 cento anni della rivista	
Cento anni di vita della rivista attraverso i suoi direttori Stefano Morosini	4
Da "L'Elettrotecnica" a "AEI - Automazione Energia Informazione" Giovanni Ricca	8
Nascita dell'elettronica su "L'Elettrotecnica" e "Alta Frequenza" Maurizio Vallauri	16
Un secolo di telecomunicazioni nelle riviste di AEI/AEIT Alfredo Biocca, Angelo Luvison	20
Zibaldone di pensieri sull'evoluzione storica dell'Automatica Sergio Bittanti	30
La Biblioteca Centrale dell'AEIT presso l'Università di Trieste Mario Policastro	44
Una Biblioteca e un Museo per la storia della tecnica elettrica Antonio Savini	48
Testimonianze e ricordi di Francesco Iliceto Francesco Iliceto - <i>Intervista a cura di Andrea Silvestri</i>	52



Progetto Grafico - Copertina - Impaginazione:

Antonella Dodi - af@aeit.it

Abbonamenti e Pubblicità:

Tel. 02 873899.67 - aeit@aeit.it

Direzione Redazione Amministrazione:

AEIT - Ufficio Centrale
Via Mauro Macchi, 32 - 20124 Milano

Tel. 02 873899.67

Telefax 02 66989023

Sito Internet:

<http://www.aeit.it>

Stampa - Fotoservice - Distribuzione:

Pinelli Printing srl
Milano

Gli autori sono responsabili di quanto scritto nei loro articoli. Le opinioni espresse dagli autori non impegnano la Federazione.

Copertina del primo numero della rivista uscito il 5 Febbraio 1914.

Cento anni di vita della rivista attraverso i suoi direttori

Stefano Morosini *Politecnico di Milano*

Attraverso le biografie dei suoi direttori l'articolo racconta un secolo di pubblicazioni della rivista, facendo emergere come essa sia stata condotta da personalità di rilievo tecnico-scientifico assoluto e dotate di uno sguardo aperto alle innovazioni a livello nazionale e internazionale

Il 5 febbraio 1914 usciva il primo numero de "L'Elettrotecnica". La rivista, pubblicata il 5, 15 e 25 di ogni mese, intendeva offrire "ai lettori il mezzo di conoscere rapidamente e succintamente tutto il movimento scientifico nel ramo di studi che coltivano e quello tecnico relativo all'attività in cui si svolge il loro lavoro" (Dalla lettera ai soci del presidente generale Ferdinando Lori apparsa sul primo numero de "L'Elettrotecnica", febbraio 1914). Si vuole qui tracciare la storia di un secolo di pubblicazione ininterrotta di questo periodico, che dalla denominazione originaria "L'Elettrotecnica" è divenuto "AEI - Automazione Energia Informazione" (1993) e poi "AEIT. Rivista ufficiale dell'AEIT. Seguìto de 'L'Elettrotecnica' fondata dall'AEI nel 1914" (2005). Per molti versi leggere nel corso degli anni la lunga serie di articoli significa ripercorrere un'evoluzione tecnica secolare, i cui termini partono dalle prime pionieristiche applica-

zioni in campo elettrotecnico per arrivare ai giorni nostri. Questa lunga strada passa anche attraverso le biografie dei direttori che negli anni hanno condotto la rivista, lasciando una chiara impronta della propria personalità e della propria cultura, in campo tecnico e non solo.

Angelo Barbagelata Redattore capo (1914-1931) e Direttore (1932-1960)

Nacque a Novi Ligure (Alessandria) il 14 settembre 1875. Nel 1898 si laureò in Ingegneria industriale (Sezione elettrica) presso il Regio Istituto Tecnico Superiore di Milano, allora comunemente definito Politecnico (la denominazione ufficiale risale al 1937). Svolsse quindi un



Figura 1

Lettera ai soci del presidente generale Ferdinando Lori apparsa sul primo numero de "L'Elettrotecnica", febbraio 1914

Figura 2 
Angelo Barbagelata
(1875-1960)

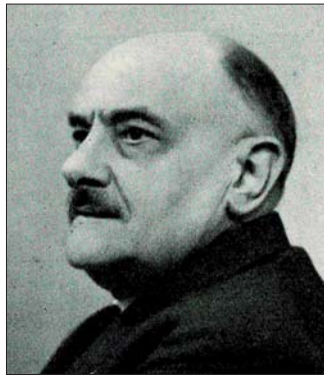


Figura 4
Angelo Barbagelata,
Il laboratorio
di Misure elettriche
(Istituzione C. Erba)
del R. Politecnico
di Milano. Estratto da
"L'Elettrotecnica",
5 aprile 1933



Figura 5 
Frontespizio dell'ultimo numero diretto da
Angelo Barbagelata, giugno 1960



Figura 3
Angelo Barbagelata, *Metodi fondamentali
per le misure elettriche industriali, Milano,
Libreria editrice politecnica, 1930*

breve periodo di lavoro alle Officine elettrotecniche nazionali ing. Monti di Pavia, per poi assumere (1899) l'incarico di assistente di Luigi Zunini alla cattedra di Misure elettriche all'Istituzione Elettrotecnica Carlo Erba del Politecnico di Milano. Dal 1903 fu docente di Tecnologie elettriche presso la Scuola Laboratorio di Elettrotecnica per Operai (SLEO) e dal 1908 di Fisica ed elettrotecnica alla Scuola Industriale Milanese, divenuta nel 1913 Istituto tecnico Giacomo Feltrinelli. Nel 1910 conseguì la libera docenza di Misure elettriche e tenne il corso di Prove delle macchine elettriche, poi Macchine elettriche. Professore straordinario nel 1923 e nel 1926 ordinario di Impianti elettrici, fu direttore della Scuola di specializzazione per ingegneri elettricisti e dal 1931 al 1950 dell'Istituzione Elettrotecnica Carlo Erba. Fu inoltre membro della commissione amministratrice dell'Azienda Elettrica Municipale (AEM) di Milano dal 1927 al 1943. Sul piano tecnico e scientifico Barbagelata si dedicò al perfezionamento delle misure elettriche, sia in laboratorio che in ambito industriale, effettuando anche ricerche sulle prove calorimetriche delle macchine elettriche e sul

procedimento elettrochimico per la misura delle portate idrauliche. Socio dell'Associazione Elettrotecnica Italiana (AEI) fin dal 1903, prese parte attiva alla vita del sodalizio, dal 1931 e per quasi un trentennio ne fu segretario generale, accrescendone l'attività e il prestigio. Nel 1946 ricostituì il Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), di cui divenne poco dopo presidente. Come consulente si occupò, tra l'altro, degli impianti idroelettrici Breda in Val d'Aosta e di quelli delle Acciaierie e ferriere lombarde (del gruppo Falck) in Valtellina. Pubblicò un'ottantina di memorie varie su questioni elettrotecniche, sulla tariffazione dell'energia, sull'organizzazione delle scuole tecniche superiori, ma specialmente su impianti e misure elettriche, proponendo anche nuovi metodi e apparecchi di misura. I risultati raggiunti dalle sue ricerche teoriche e applicative in questo campo si trovano esposti nel volume *Metodi fondamentali per le misure elettriche industriali* (Milano, Libreria editrice politecnica, 1930), mentre un suo significativo contributo sui caratteri e lo sviluppo dell'industria elettrica nell'economia italiana è contenuto nel secondo volume edito in occasione

Figura 6
Renato San Nicolò
(1892-1974)

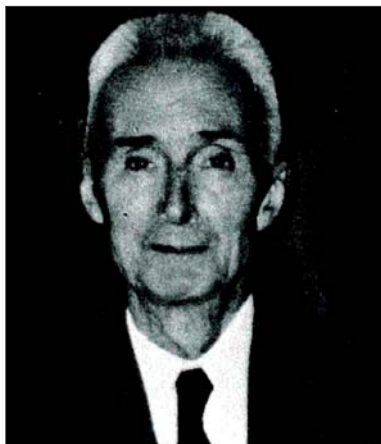


Figura 7
Frontespizio del primo numero diretto da Renato San Nicolò,
febbraio 1961

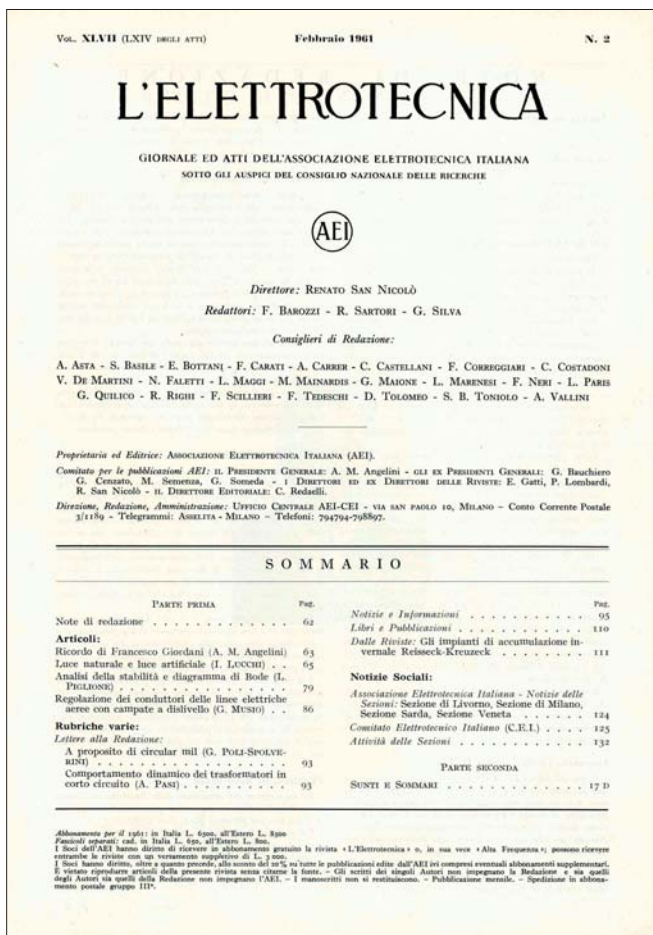
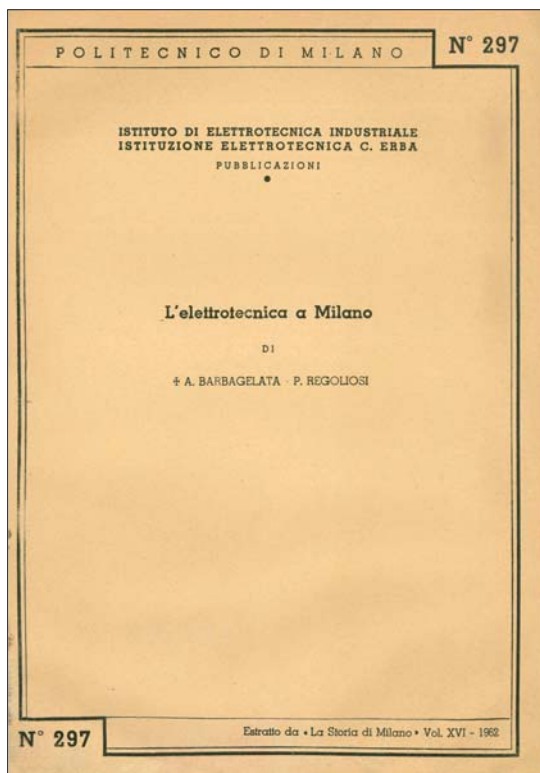


Figura 9
Angelo Barbagelata, Piero Regoliosi, L'Elettrotecnica a Milano.
Estratto dal volume XVI della Storia di Milano, Milano, Fondazio-
ne Treccani degli Alfieri per la Storia di Milano, 1962



Figura 8
Frontespizio del primo numero diretto da Piero Regoliosi,
maggio 1974



del cinquantenario della Edison (Milano, Società Edison, 1934). Morì a Milano il 23 maggio 1960.

Renato San Nicolò Direttore (1960-1974)

Nato a Massa Carrara da genitori di origine trentina il 27 dicembre 1892, compì i suoi studi a Milano, dove nel 1915 si laureò ingegnere industriale (Sezione elettrotecnica) al Politecnico di Milano. Fresco di laurea, fu chiamato alle armi nel corso della prima guerra mondiale e inviato presso la Caproni in qualità di collaudatore di aerei, ottenendo il grado di capitano. Nel dopoguerra fu nominato assistente incaricato alla cattedra di Impianti industriali del Politecnico di Milano, dal 1924 fu nominato assistente all'Istituto di Tecnologie generali, mentre nel 1929 conseguì la libera docenza. Dal 1940 al 1963 fu professore incaricato di Tecnologie generali e poi di Impianti industriali meccanici e Tecnologie; dal 1955 al 1963 assunse la direzione dell'omonimo istituto. Autore di volumi sulle caldaie a vapore, sui trattamenti termici dei metalli e sui forni, sugli impianti industriali, si dedicò con assiduità e competenza al CEI, di cui nel 1946 divenne segretario generale, e dal 1958 presidente del Comitato coordinamento norme. Fu anche membro corrispondente della *Union Internationale d'Électrothermie e della Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques* (CIGRÉ). Dal 1965 al

1970 fece parte del consiglio tecnico dell'Associazione nazionale controllo combustione. Cavaliere della Repubblica e consigliere comunale a Cabiato (Como), morì il 23 febbraio 1974.

Piero Regoliosi Direttore (1974-1993)

Nato a Mortara (Pavia) il giorno 1 ottobre 1904, studiò al Liceo Cairoli di Vigevano per poi iscriversi nel 1923 al Politecnico di Milano, dove nel 1928 si laureò ingegnere industriale (sezione Elettrica). Dopo aver frequentato la Scuola di perfezionamento per ingegneri elettricisti della Istituzione Elettrotecnica Carlo Erba, nel 1930 venne nominato assistente incaricato, mantenendo tale incarico fino al 1938 (direttore della Scuola era Angelo Barbagelata, con cui Regoliosi avviò una collaborazione lunga e fruttuosa). Dal 1938 al 1940 divenne assistente ordinario di Misure elettriche, dal 1940 al 1948 di Impianti industriali elettrici (aiuto dal 1948 al 1960), libero docente di Impianti industriali elettrici dal 1942, è stato professore incaricato di Impianti industriali elettrici (dal 1946 al 1948 e dal 1957 al 1960). Nel 1958 vinse un concorso alla cattedra di Elettrotecnica dell'Università di Cagliari e nel 1960 venne chiamato al Politecnico in qualità di professore di Misure elettriche. Dal 1972 al 1974 assunse la direzione dell'Istituto di Elettrotecnica industriale. Contestualmente, dal 1964 al 1974 insegnò Misure elettriche e Impianti elettrici alla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pavia, dove fu anche direttore dell'Istituto di Elettrotecnica. Il suo lavoro di ricerca è documentato da articoli di carattere sperimentale dedicati a problemi per l'epoca innovativi, come le schermature, la misura delle altissime tensioni alternate, o di ambito normativo, come la questione degli impianti di messa a terra. Sono stati fondamentali per più generazioni di ingegneri i suoi trattati sulle misure elettriche (pure con Barbagelata, figura 9, poi con il suo allievo Arnaldo Brandolini), sovente aggiornati per tenere il passo con gli sviluppi della disciplina. Nel corso della sua attività emerge da un lato uno sguardo alla letteratura internazionale (soprattutto a quella di area tedesca), e dall'altro alla nascita e all'evoluzione storica della tecnica elettrica. Morì il 27 ottobre 2000.

Dal 1994 ad oggi è direttore della rivista Andrea Silvestri, professore ordinario di Sistemi elettrici per l'energia al Politecnico di Milano e vincitore di due premi dell'AEIT per la sua attività di ricerca (1987 e 1991).



Figura 10

Frontespizio del primo numero diretto da Andrea Silvestri, gennaio 1994

Da “L’Elettrotecnica” a “AEI - Automazione Energia Informazione”

Giovanni Ricca AEIT

L'autore propone, con *understatement*, questi “incerti ricordi di un ultra-ottuagenario, rafforzati da memorie amiche” per ricostruire (di prima mano, per più di mezzo secolo) la vita dell'Associazione, delle sue riviste, delle sue iniziative

Dagli “Atti” dell'AEI alla fondazione de “L’Elettrotecnica”

Nel 1897, dopo la morte prematura di Galileo Ferraris, scopritore del campo magnetico rotante e ideatore del motore elettrico in corrente alternata, toccò ai suoi colleghi dell'Associazione Elettrotecnica Italiana (AEI), fondata un anno prima, Giuseppe Colombo, Angelo Barbagelata, Ferdinando Lori e Giancarlo Vallauri, il compito morale di svilupparne le idee, provvedendo, fra l'altro, alla pubblicazione degli “Atti” dell'Associazione, contenenti i testi delle conferenze, delle lettere, e delle discussioni che avevano luogo nelle assemblee generali del sodalizio e nelle diverse Sezioni.

Al primo volume degli “Atti” (Figura 1), pubblicato nel 1898, ne seguirono altri sedici, pubblicati senza interruzioni fino al 1913. Il diciassettesimo e ultimo volume conteneva, fra l'altro, l'annuario dei soci e gli indici per autori e per materia di tutti i contributi che erano stati pubblicati in quel periodo. Fra quelli che avevano suscitato un ampio interesse per gli argomenti trattati e la notorietà scientifica dei loro autori, mi limito a ricordare i lavori fondamentali di Giovanni Giorgi sulle unità di misura, che forniranno le prime basi per il Siste-

ma Internazionale SI (*Le unità razionali di elettromagnetismo*, “Atti”, vol. V, p. 402; *Il sistema assoluto MKS*, “Atti”, vol. VI, p. 453; *I fondamenti della teoria delle grandezze elettriche*, “Atti”, vol. VII, p. 7); gli articoli dell'ing. Lorenzo Allievi (*Teoria generale del moto perturbato dell'acqua nei tubi in pressione*, “Atti”, vol. VII, p. 140 e *Teoria del colpo d'ariete. Note*, “Atti”, vol. XVII, p. 127); i numerosi interventi dell'ing. Giuseppe Colombo che aveva pubblicato nel 1878 il *Manuale dell'Ingegneria*, il più noto dei titoli della collana dei manuali Hoepli, e che nel 1883 progettò e costruì nel centro di Milano, in via Santa Redegonda, la prima centrale elettrica dell'Europa continentale. Divenne in seguito presidente della società elettrica Edison, nel 1896, presidente generale dell'AEI per il triennio 1897-1899 e rettore del Politecnico di Milano dal 1897 fino alla sua morte nel 1921. Inoltre, ricordo i vari contributi dell'ing. Luigi Emanuelli, che nel 1910 aveva realizzato il cavo telefonico più lungo del mondo fra Milano e Grosseto, e, nel 1913, il primo cavo telefonico sottomarino per il collegamento con la Sardegna. Il suo nome si legherà poi all'invenzione del cavo a olio fluido, conosciuto come “cavo Emanuelli” (1923).

“L’Elettrotecnica” dalla sua nascita nel 1914 all'inizio della convivenza con “Alta Frequenza”

Nel primo volume della collezione (Figura 2) troviamo, oltre agli articoli pervenuti regolarmente alla redazione nel corso del 1914 anche alcuni contributi indirizzati agli “Atti”, ma arrivati fuori tempo massimo e, in particolare i due articoli ricavati dalle conferenze di aggiornamento tenute da Guglielmo Marconi a Roma nel marzo di quell'anno:

- *I recenti progressi della radiotelegrafia*, p. 147;
- *I nuovi metodi per la produzione delle oscillazioni elettriche continue e per la loro utilizzazione nella radiotelegrafia*, p. 281.

Nei volumi successivi proseguiva la pubblicazione

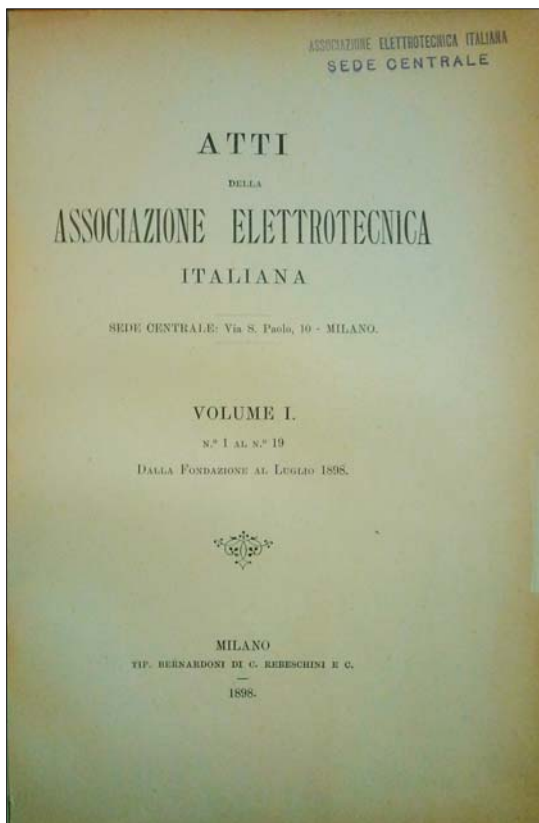


Figura 1
Frontespizio del primo numero degli "Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana", 1898

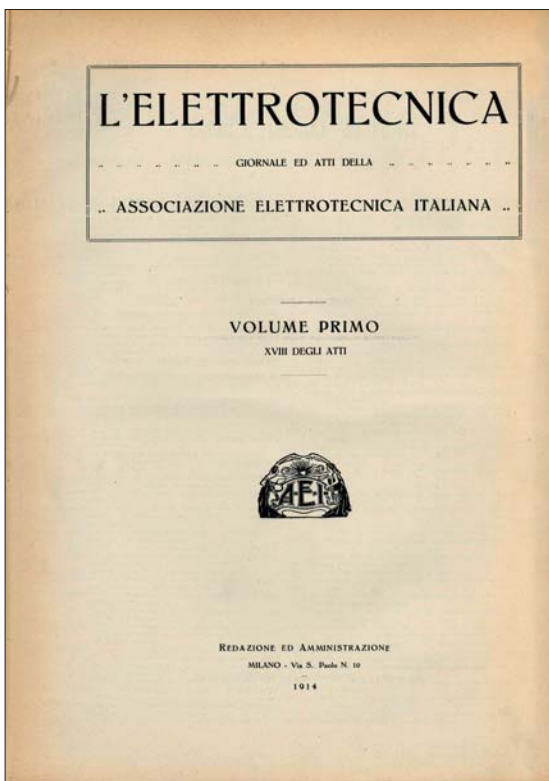


Figura 2
Frontespizio del primo numero de "L'Elettrotecnica", febbraio 1914

della copiosa serie di contributi sul sistema di unità di misura che traeva origine dai citati lavori di Giovanni Giorgi, a firma di insigni autori come il prof. Giancarlo Vallauri nel 1916, il prof. Angelo Barbage-lata nel 1918, il prof. Carlo Somigliana nel 1935, il prof. Ercole Bottani nel 1948, e che si concludeva nel 1989 con l'articolo di rassegna storica del prof. Giovanni B. Stracca (*Aspetti dell'introduzione del "Sistema Giorgi" in Italia: il ruolo svolto dall'AEI*).

Il passaggio dalla pubblicazione degli "Atti" a quella de "L'Elettrotecnica" metteva in evidenza anche la crescita dell'attenzione dei soci AEI verso l'insegnamento scientifico e tecnico superiore. Dai due articoli pubblicati nel 1912 (vol. XVI degli "Atti") da Vallauri, sull'insegnamento tecnico superiore (p. 714) e da Lori sull'ordinamento degli studi scientifici e tecnici che conducono al diploma d'ingegnere (p. 933), si passava infatti, nel primo anno di vita della rivista, alla ventina d'interventi di Barbage-lata, Albert, Semenza, Bassi, Tajani, Finzi, Rubini e altri, tutti dedicati alle "lezioni orali" nell'insegnamento tecnico superiore; in questi interventi si proponevano gli indirizzi e gli elementi da scegliere per un corso di misure elettriche e per continuare ad approfondire il dibattito sul problema dell'insegnamento nei Politecnici.

Sugli stessi temi ritornava anche, tra il '41 e il '42, Barbage-lata pubblicando su "L'Elettrotecnica" due suoi interventi: *Il problema dei Politecnici* e *Il problema degli uomini nell'industria, nelle scuole e nei laboratori*.

Per completare il quadro, va ricordato anche un centinaio di articoli sull'insegnamento tecnico superiore, sui laboratori scientifici, sul problema dei Politecnici e sugli esami di stato per gli istituti industriali, che anticipavano, nel primo mezzo secolo di vita dell'Associazione, quella che sarà, dal 1979 ai primi anni del terzo millennio, l'appassionata e appassionante iniziativa del gruppo AEI "Formazione e Professione".

Non va infine dimenticato che, anche per effetto della spinta incessante di tutte le successive presidenze generali dell'AEI, "L'Elettrotecnica" riusciva a pubblicare articoli di rassegna di firme autorevoli e d'interesse culturale molto ampio, come per esempio i seguenti lavori.

- *Funzionamento dei tubi a vuoto a tre elettrodi (audion) usati nella radiotelegrafia e Convertitori statici di correnti elettriche (raddrizzatori, generatori, oscillazioni, moltiplicatori di frequenza)*, due articoli pubblicati rispettivamente nel 1917 e nel 1926 da Vallauri (sulla vita e le opere di Giancarlo Vallauri si veda in questo stesso fascicolo il contributo di Maurizio Vallauri).

- *La fotometria moderna, i suoi problemi e le sue tendenze e La definizione delle principali grandezze fotometriche e la scelta delle corrispondenti unità*, due articoli pubblicati rispettivamente nel 1925 e nel 1928, entrambi a firma del prof. Ugo Bordoni, docente di Fisica Tecnica presso il Politecnico di Torino e insigne studioso di fotometria.
 - *Un decennio di progressi nel campo delle misure di frequenza e Radiocomunicazioni*, due articoli pubblicati nel 1935 e nel 1939 da Francesco Vecchiacchi del Politecnico di Milano, inventore del radio-localizzatore lince (un parente stretto dei radar statunitensi) e protagonista dell'eccezionale sviluppo dei ponti radio in Italia durante gli anni '50 del secolo scorso (a Vecchiacchi si fa cenno anche nell'articolo qui pubblicato da Angelo Luvison e Alfredo Biocca).
 - *Evoluzione e stato attuale del problema della produzione di energia mediante impianti elettrici nucleari*, articolo pubblicato nel 1959 dal prof. Arnaldo Maria Angelini dell'Università di Roma, nominato direttore generale dell'Enel nel 1963 e presidente dello stesso ente dal 1973 al 1979.
- E infine due articoli di rassegna del prof. Giovanni B. Stracca del Politecnico di Milano: *Orientamenti nello sviluppo dei radioaiuti alla navigazione marittima e aerea* (1971) e *Satelliti e telecomunicazioni: un bilancio dopo un primo decennio* (1976).

La problematica convivenza fra "L'Elettrotecnica" e "Alta Frequenza"

Mentre il prof. Renato San Nicolò, direttore de "L'Elettrotecnica", aveva accolto con cordialità e senza pregiudizi l'arrivo di "Alta Frequenza" fin dal primo giorno di convivenza delle due riviste nello stesso ufficio di redazione, l'ing. Cesare Redaelli, direttore editoriale, non aveva tardato ad accorgersi della scarsa disponibilità dell'industria elettronica e delle telecomunicazioni italiana a sottoscrivere contratti di pubblicità per la nuova rivista. C'erano purtroppo anche altri punti di attrito: la ritrosia a cambiare la denominazione dell'Associazione da "Associazione Elettrotecnica Italiana" a "Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana" e soprattutto la diversità culturale fra il mondo degli elettrotecnici e quello degli elettronici. Questa diversità sfociava molto presto in una lotta aperta per la libertà di scelta dei soci AEI di optare per l'una o per l'altra delle due riviste "L'Elettrotecnica" e "Alta Frequenza", senza che le diverse presidenze generali che si susseguivano regolarmente ogni tre anni riuscissero a trovare soluzioni di compromesso pienamente soddisfacenti.

Per fortuna, c'erano anche occasioni d'incontro serene e adatte a far nascere forze attrattive. Per

svolgere questo ruolo figuravano in prima linea le Riunioni Annuali che, attraverso un'accurata scelta dei temi scientifici proposti nei loro programmi, potevano offrire ottime occasioni per scambi d'idee sereni e non vincolanti, facendo leva sul comune interesse culturale dei soci AEIT per gli argomenti scientifici avanzati, che in quell'epoca cominciarono a essere trattati sempre più spesso anche dalla stampa quotidiana.

Il primo a cimentarsi su questa strada, e con tutte le carte in regola, era stato il prof. Emilio Gatti, direttore di "Alta Frequenza", a cui era stato proposto di tenere la relazione generale sui semiconduttori in occasione della Riunione Annuale in programma per l'ottobre 1963.

Per dare un'idea della difficoltà di una missione di questo genere, basta forse riportare la prima delle poche frasi con cui Gatti (Istituto di Fisica del Politecnico di Milano e Centro Informazioni Studi Esperienze - CISE di Segrate) era riuscito a rompere il ghiaccio e a intrattenere un consistente gruppo di ascoltatori, aggiungendo a concetti noti da tempo, come quello delle "correnti elettroniche nel vuoto", anche altri meno consueti, come quello delle "correnti di buchi che fluivano in senso opposto a quelle consuete".

Nonostante il meritato successo ottenuto da Gatti nel suo primo tentativo, diventava sempre più necessario passare da episodi estemporanei a iniziative concatenate nel tempo e con obiettivi di lungo termine. Su questa linea si cimentò l'ing. Domenico Tolomeo, presidente generale nel triennio 1965-'67, che lanciò l'iniziativa del "Supplemento", una pubblicazione accoppiata a entrambe le riviste "L'Elettrotecnica" e "Alta Frequenza", e che avrebbe dovuto fornire a tutti i soci, oltre alle notizie sociali dell'AEI e alle rubriche tradizionali, anche brevi trattazioni, per quanto possibile semplici e intuitive, su temi scientifici fondamentali o su argomenti tecnici di interesse comune.

Il "Supplemento" durò fino al 1970 quando il prof. Rinaldo Sartori, presidente generale per il triennio 1968-'70, considerò la sperimentazione conclusa positivamente e ritenne giunto il momento di inglobare in "L'Elettrotecnica" tutti i contributi che fino ad allora erano stati pubblicati nel "Supplemento".

Negli stessi anni si cominciava a pensare anche a un progetto diverso che avrebbe dovuto coinvolgere sia "L'Elettrotecnica" che "Alta Frequenza" per soddisfare le esigenze culturali di due diverse tipologie di soci: quelli che desideravano mante-

nersi al corrente, nelle grandi linee, degli sviluppi di un progresso scientifico e tecnico sempre più articolato e veloce e quelli che preferivano disporre di riviste specialistiche dedicate ai settori di loro specifico interesse.

L'intreccio delle due diverse esigenze con la tradizionale separazione dell'AEI fra elettrotecnici ed elettronici induceva anche a ricercare soluzioni editoriali diverse per i fascicoli in italiano di "Alta Frequenza", generalmente di interesse generale, e quelli in lingua inglese di interesse più specialistico; infatti per questi ultimi, che faticavano a raggiungere una sufficiente diffusione internazionale, l'Associazione cominciava a temere di dover ricorrere prima o poi, per ragioni economiche, a processi editoriali "di nicchia".

Nel triennio 1971-'73, il presidente generale Franco Bianchi di Castelbianco stipulava un accordo fra l'AEI e l'IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) di New York per promuovere scambi culturali fra le due organizzazioni, volti a rafforzare la diffusione delle rispettive pubblicazioni. In realtà questo accordo, che in linea di principio si presentava particolarmente promettente per l'AEI, era difficile da utilizzare: infatti gli specialisti italiani capaci di tradurre memorie scientifiche e tecniche dall'inglese in italiano, erano attratti da offerte di lavoro notevolmente più

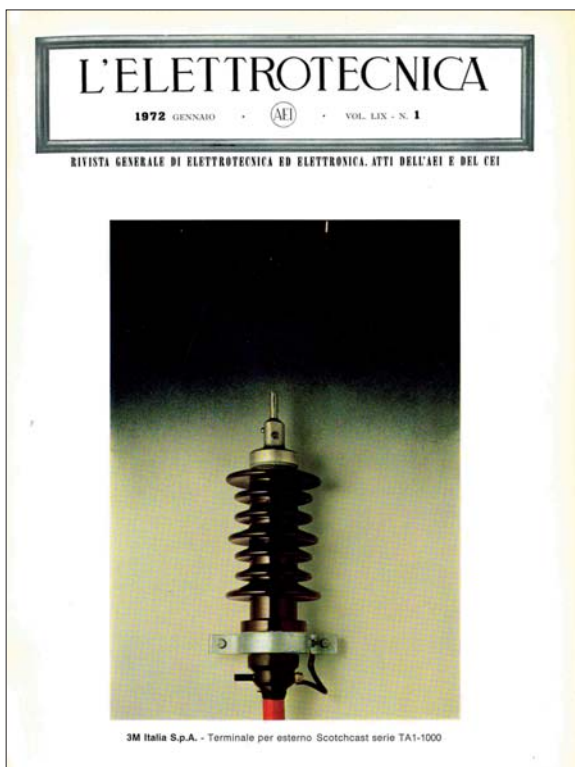
allettanti di quelle che potevano arrivare da parte dell'associazione.

E mentre l'accordo con l'IEEE tardava a dare i frutti sperati, nascevano i primi gruppi specialistici dell'AEI: nel '73 il gruppo "Microelettronica", su iniziativa dell'ing. Franco Forlani della FITRE di Pavia, e il gruppo "Telediffusione" su iniziativa del prof. Franco Cappuccini dell'Università di Roma. La fioritura spontanea dei due primi gruppi specialistici provocava la nascita di molti altri gruppi. Uno di questi, il gruppo "Tecnologie Didattiche", guidato inizialmente dal prof. Giuseppe Biorci dell'Università di Genova, otteneva fin dalla sua prima manifestazione un notevole successo di adesioni e successivamente veniva trasformato nel gruppo "Formazione e Professione", ampliandone gli obiettivi fino a comprendere i *curricula* scolastici e professionali per i campi d'interesse dell'AEI. A seguito dei nuovi impegni assunti da Biorci presso il CNR, subentrava alla presidenza di questo gruppo il già citato Giovanni B. Stracca.

L'impegno del gruppo "Formazione e Professione" nell'aggiornamento della laurea in Ingegneria e dei relativi ordinamenti legislativi nel nostro Paese

A differenza dei gruppi specialistici che lo avevano preceduto, il gruppo "Formazione e Professione" era stato investito dalla presidenza generale del prof. Luigi Dadda del Politecnico di Milano (1977-'79) di un compito culturale che coinvolgeva tutta l'Associazione. Che si trattasse di un obiettivo ambizioso si era visto subito dall'impeto con cui il nuovo presidente del gruppo, Stracca, uno degli autori più attivi de "L'Elettrotecnica", aveva iniziato immediatamente a pubblicare articoli e dibattiti più o meno corposi, ma sempre significativi e molto seguiti, sulla necessità di fare evolvere, nel nostro Paese, la formazione, il ruolo e lo status dell'ingegnere.

Nella prima fase di attività del gruppo si pubblicavano lavori di ricostruzione storica, firmati dal presidente del gruppo e da altri docenti del Politecnico di Milano, e si effettuavano raccolte di dati presso facoltà d'ingegneria italiane. Ben presto il confronto con gli altri Paesi europei e con gli Stati Uniti d'America si allargava, affiancando all'analisi critica dell'infelice situazione universitaria italiana, l'esperienza raccolta da testimonianze dirette di studiosi che avevano frequentato scuole d'Ingegneria presso università straniere, sia rafforzando i rapporti con la SEFI (*Société Eu-*



▲ Figura 3
Copertina de "L'Elettrotecnica" nel gennaio 1972

ropéenne pour la Formation des Ingénieurs), l'organizzazione fondata a Bruxelles nel 1973 per convogliare gli studi e i dibattiti sull'argomento che avevano luogo nei diversi Paesi europei.

La proposta del presidente generale Paris per assicurare la crescita qualitativa e quantitativa dell'Associazione

Il prof. Luigi Paris dell'Università di Pisa, eletto presidente generale per il triennio 1983-'85, aveva affrontato subito quello che era il problema di fondo dell'AEI: "Per assicurare non solo la sopravvivenza della stessa associazione, ma anche la sua crescita qualitativa e quantitativa (così come richiesto dall'estendersi delle applicazioni dell'elettricità) era giusto continuare a mantenere riuniti in uno stesso sodalizio tutti gli elettricisti, facendo leva su pochi e importanti temi d'interesse comune, o era meglio sostituirlo con un aggregato di organizzazioni specialistiche di dimensioni ridotte?".

Questo dilemma diventava subito oggetto di dibattito nelle riunioni che la stessa presidenza generale si era impegnata a convocare nell'arco di 18 mesi, per tener conto dei pareri di tutti i soci (tramite i loro rappresentanti nelle sezioni e nei gruppi specialistici) sui provvedimenti da prendere per arrivare a una scelta capace d'intensificare l'attività dell'Associazione.

A conclusione dell'ampia e approfondita consultazione che aveva indetto in tutte le Sezioni AEI, Paris poteva annunciare, nel suo discorso inaugurale per la 85° Riunione Annuale (1984), che la presidenza generale stava operando per organizzare l'insieme dei gruppi specialistici in quattro grandi settori culturali da affidare ad altrettanti delegati della stessa presidenza generale: il settore "Energia", affidato all'ing. Giorgio Catenacci del CESI, direttore della rivista "L'Energia Elettrica"¹, il settore "Telecomunicazioni" affidato all'ing. Giorgio Dal Monte, ex presidente e attuale vice-presidente, il settore "Informatica", affidato a Luigi Dadda, ex presidente generale, il settore "Automazione e Bioingegneria", affidato al prof. Luigi Mariani dell'Università di Padova. E aggiungeva che, per dare tutto lo spazio necessario alle applicazioni dell'elettricità come vettore d'informazione, occorreva tener conto che il numero dei soci potenziali dell'epoca con interessi culturali nel settore dell'informazione era largamente maggioritario e che pertanto lo stesso nome dell'Associazione doveva diventare specchio della nuova realtà.

Disponeva pertanto che, a partire dal fascicolo di gennaio dell'anno successivo, la testata tradizionale della rivista "L'Elettrotecnica" fosse accompagnata dal sottotitolo "AEI - Automazione Energia Informazione", tre parole che, riprendendo le iniziali della sigla AEI, esprimevano le materie trattate sia dalla rivista sia dall'Associazione.

SELEZIONE DI ARTICOLI SU ARGOMENTI NON STRETTAMENTE

1992:

- *Innovazioni elettroniche e telematiche per la navigazione marittima* di Ezio Volta dell'Università di Genova;
- *Il programma italiano di esperimenti di propagazione con i satelliti Olympus e Italsat*, di Francesco Fedi, direttore della Fondazione Ugo Bordoni;
- *La protezione del software, a che punto siamo?* di Carlo Falcetti della Bull Italia;
- *La tecnologia delle carte elettroniche* di Giorgio Porazzi e altri;
- *Come vediamo il mondo: la descrizione scientifica è modello o metafora del reale?* di Fortunato Tito Arecchi, ordinario di Fisica Superiore all'Università di Firenze;
- *Una commessa Europea, il sincrotrone di Grenoble* di Enrico Volpato e Tonino Bellato, di Ansaldo Industria;
- *Attualità e futuro dell'auto elettrica* di Sergio Crepez, Politecnico di Milano;
- *Prospettive aperte dal programma Italsat* di Pier Giorgio Perrotta della Selenia Spazio;
- *Basi di dati orientate agli oggetti per gestire la conoscenza statica delle reti in cavo ottico multifibre* di Enrico D'Ascenzo del dipartimento Ricerca e Sviluppo della Ericsson- SIELTE.

1993:

- *Elettricità e Ambiente* di Umberto Colombo, presidente dell'ENEA;

- *Alcuni aspetti dello sviluppo delle Telecomunicazioni* di Francesco Carassa, Politecnico di Milano;
- *I valori della cultura nella difesa dell'ambiente* di Luigi Paris, dell'Università di Pisa;
- *Comunicazioni mobili e personali. Prospettive tecniche e di servizio* di Cesare Mossotto, direttore generale dello CSELT (Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni);
- *Automazione industriale e Robotica* (in due parti, pubblicate rispettivamente nei fascicoli di febbraio e marzo) di Daniele Fabrizi, Università di Pavia;
- *La televisione ad alta definizione con diffusione diretta da satellite. Obiettivi di Qualità e parametri di trasmissione* di Giuseppe Quaglione, Telespazio;
- *Informatica e Biometria per la sicurezza* di Carlo Forlani, Servizi di Telematica;
- *Applicazioni del concetto cellulare a sistemi radiomobili via satellite* di Francesco Valdoni e altri, Università di Roma;
- *Informatica e discipline umanistiche* di Andrea Silvestri, Politecnico di Milano;
- *Sperimentazione ad Alta Velocità in Italia* di Carlo Casini e Riccardo Cheli, Ente Ferrovie dello Stato.

1994:

- *Origine ed evoluzione dell'Universo* dell'astrofisica e insigne divulgatrice Margherita Hack;

Il rinnovamento dei contenuti della rivista durante il triennio della presidenza generale Randi

Dopo le due presidenze generali Carassa e Furlani, interamente impegnate nel tentativo di risolvere il problema della pubblicazione dei fascicoli in inglese di "Alta Frequenza", veniva eletto presidente generale, nel 1992, l'ing. Salvatore Randi, amministratore delegato di Italtel. Con la nuova presidenza, l'attenzione tornava a concentrarsi sul dilemma di fondo dell'Associazione e a interpretare la incessante diminuzione annua del numero dei soci AEI come manifestazione di una diffusa esigenza di cambiamento.

Partendo da questa constatazione, l'ing. Randi, di concerto con il prof. Regoliosi e poi con il nuovo direttore de "L'Elettrotecnica", il prof. Andrea Silvestri del Politecnico di Milano, ritennero arrivato il momento di compiere un ulteriore passo verso il cambiamento avviato un decennio prima da Paris, e di sostituire, nella rivista ufficiale dell'Associazione, la testata tradizionale "L'Elettrotecnica", con quello che era stato per otto anni il suo sottotitolo "AEI - Automazione Energia Informazione" (Figura 4). Il risultato fu incredibilmente sorprendente, come mostrano gli elenchi riportati in tabella di titoli e di autori su temi diversi da quelli strettamente elettrotecnici, pubblicati dalla rivista nei tre anni successivi al cambiamento di testata.



▲ **Figura 4**

Primo numero della rivista con la nuova intitolazione "AEI - Automazione Energia Informazione", gennaio 1993

1 "L'Energia Elettrica", rivista fondata nel 1924 dal direttore generale della Edison, Giacinto Motta, e acquisita dall'AEI nel 1980.

ELETTROTECNICI PUBBLICATI SULLA RIVISTA A PARTIRE DAL 1992

- *Indirizzi e fattori di successo per l'industria microelettronica* di Pasquale Pistorio, presidente della società SGS-Thomson Microelectronics Group;
- *L'elettronica nelle navi moderne* di Antonio Fiorentino, Università Federico II di Napoli;
- *La tecnologia dell'informazione per lo sviluppo del Paese* di Giampaolo Bracchi, Politecnico di Milano;
- *Reti neurali artificiali* di Luigi Stringa e Maurizio Dapor dell'ITC-IRST (Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica) di Povo (TN), oggi ristrutturato con il nome di Fondazione Bruno Kessler (FBK);
- *Gli Smart Power (i circuiti integrati di potenza intelligenti)* di Giampaolo Vitale del CE.RI.SEP. (Centro Ricerche Sistemi Elettrici di Potenza) del CNR e dell'Università di Palermo;
- *La comunicazione per il telefono pubblico per un'interfaccia user-friendly* di Silvia Bonaventura e Roberto Marion dello CSELT;
- *L'evoluzione della rete telefonica numerica verso l'integrazione dei servizi* di Maurizio Decina, Politecnico di Milano e direttore scientifico del CEFRIEL (ICT Center of Excellence of Research, Innovation, Education and Industrial Labs);
- *La logistica per il miglioramento dell'efficienza e dei costi* di Giovanbattista Marini, presidente AILOG (Associazione Italiana di Logistica);
- *La rivoluzione della televisione* di Guido Vannucchi, RAI Direzione pianificazione tecnologica e gestione impianti;
- *Fibre ottiche: motivi e tempi di un successo* di Carlo Giaco-

mo Sameda, Università di Padova;

- *Paradigmi neurali e tecniche realizzative* di William Fornaciari, Vincenzo Piuri, Fabio Salice, Renato Stefanelli del CEFRIEL;
- *Segnali sismici (Algoritmi di riconoscimento basati sull'analisi spettrale)* di Giuseppe Cagnetti e Massimo Maffucci dell'ENEA (Ente per le Nuove Tecnologie l'Energia e l'Ambiente);
- *Groupware: l'informatica per lavorare insieme* di Franco Filippazzi e Giulio Occhini, Centro Studi della Bull Italia.

Per rassicurare i lettori sul "libero pensiero" di cui godeva la rivista "AEI - Automazione Energia Informazione" alla fine del secondo millennio bastano forse questi quattro titoli:

- *Dinamica della corruzione nei sistemi democratici*, intervista di Andrea Silvestri al prof. Sergio Rinaldi, autore, in collaborazione con due colleghi dell'università di Vienna, di un semplice modello dinamico della corruzione (1994); e, a proposito, si vedano anche la successiva lettera alla redazione del presidente AEI Paolo Chizzolini e la risposta di Andrea Silvestri;
- *Il modello economico marxiano visto da un ingegnere* di Giovanni B. Stracca del Politecnico di Milano (1998 - I parte; 1999 - II parte);
- *Musica e Matematica* di Flavio Lorenzelli (1998);
- *Una questione sempre aperta: cos'è la musica?* di Giovanni B. Stracca del Politecnico di Milano (1999).

L'attività del gruppo "Formazione e Professione" sotto le presidenze del prof. Vannucchi (1992-'96) e del prof. Cancellieri (1997-2003)

Nel 1992, mentre la panoramica dei temi d'interesse della rivista iniziava ad aprirsi, continuava a rafforzarsi anche il flusso dei contributi che pervenivano alla rivista per effetto delle iniziative del gruppo "Formazione e Professione". Nello stesso anno, a seguito degli aumentati impegni di lavoro del prof. Stracca presso il Politecnico di Milano, gli subentrava, alla presidenza del gruppo AEI "Formazione e Professione", l'ing. Guido Vannucchi.

Venivano subito affrontati, attraverso "tavole rotonde" e "focus", vari problemi fondamentali per l'aggiornamento della formazione dell'ingegnere, concentrando l'attenzione sulla formazione universitaria e post-universitaria e sul confronto con la realtà industriale. E cominciavano a partecipare ai dibattiti anche studenti universitari e studenti di istituti tecnici industriali.

Anche "L'Energia Elettrica" che nel 1994 aveva pubblicato un intervento dello stesso Paris sulla formazione dell'ingegnere (con particolare riferimento all'ingegnere elettrico), ripubblicato pochi mesi dopo sulla rivista "AEI - Automazione Energia e Informazione", tornava sullo stesso tema, organizzando nel mese di maggio del 1995, presso l'Ufficio Centrale dell'AEI, un forum sulla formazione dell'ingegnere (con particolare riferimento all'ingegnere elettrico sia laureato che diplomato) che si concludeva con una critica di fondo alla figura unica dell'ingegnere "sovradimensionato", ritenuta non più sostenibile a causa del tempo necessario per riuscire a conseguire la laurea (mediamente sette anni), della durata della scuola secondaria, più lunga di un anno rispetto a quella degli altri Paesi industrializzati e dell'eccessiva selezione (circa il 70% di perdite).

Nel corso del 1995 si era verificato anche un fatto straordinario nella storia dell'Associazione: l'intervista di Paris all'ex ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica, prof. Antonio Ruberti, che aveva appena concluso il suo mandato di Commissario europeo (gennaio 1995), sottoponendogli dieci precise e circostanziate domande. Le risposte da parte di Ruberti erano state altrettanto precise e mostravano la sostanziale convergenza di idee fra l'eminentissimo studioso e convinto europeista e gli studi che si stavano approfondendo, tramite le inizia-

tive dell'AEI, per aggiornare nel nostro Paese i curricula per la formazione dell'ingegnere e i relativi ordinamenti legislativi.

Un analogo spirito di collaborazione emergeva dall'articolo pubblicato nel numero di gennaio 1996 della rivista "AEI - Automazione Energia Informazione" con il titolo *Diplomi universitari, Lauree, Dottorato di ricerca*, a firma del nuovo ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica del governo Dini, l'on. Giorgio Salvini.

Alla formazione degli ingegneri per il nuovo settore dell'Ingegneria dell'Informazione veniva dedicato il fascicolo di settembre-ottobre 1996 di "Alta Frequenza - Rivista di Elettronica" che si apriva con l'articolo di Stracca sulla *Evoluzione dei corsi di laurea e di diploma universitario* e che proseguiva con tre articoli sulla formazione, rispettivamente, degli ingegneri elettronici, degli ingegneri informatici e automatici e degli ingegneri delle telecomunicazioni. Un quinto articolo, affidato al prof. Gianni Fabri di Italtel, trattava i problemi della formazione di base e della formazione continua degli ingegneri nel settore delle tecnologie dell'informazione.

Il sesto e ultimo articolo, con "alcune considerazioni dall'Università della California a Berkeley", era stato ricavato da una conferenza del prof. Alberto Sangiovanni Vincentelli (autore di un recente editoriale su questa stessa rivista) e offriva interessanti spunti di confronto e di riferimento per la corrispondente situazione italiana. Alla formazione per il settore dell'ingegneria dell'informazione venivano dedicate nello stesso anno anche due tavole rotonde, entrambe moderate da Guido Vannucchi e concernenti rispettivamente l'evoluzione dei corsi di laurea e di diploma e le nuove forme di didattica.

In netto contrasto con i promettenti risultati delle iniziative del Gruppo AEI "Formazione e Professione", veniva pubblicato nel 1995, all'interno del numero di luglio-agosto della rivista "AEI - Automazione Energia Informazione", l'articolo *Università: linee di cambiamento* del prof. Bruno Riccò dell'Università di Bologna, subentrato nel 1993 al prof. Silvano Donati alla guida di "Alta Frequenza - Rivista di Elettronica". In questo articolo, che sembrava preannunciare l'imminente arrivo della grande crisi, si affrontava il tema del reperimento e della distribuzione delle risorse, segnalando che l'università italiana era entrata in una fase regressiva e che ogni Ateneo avrebbe dovuto gestire in modo autonomo ed estremamente oculato le scarse risorse a disposizione.

Nel corso del 1997, proseguendo il lavoro dei due presidenti del gruppo “Formazione e Professione” che l’avevano preceduto, Giovanni Cancellieri, professore del Dipartimento di Elettronica e Automatica dell’Università di Ancona, organizzava due tavole rotonde: la prima sul futuro dei diplomi universitari, con particolare riferimento a quelli in ingegneria elettrica e in ingegneria dell’informazione, la seconda sulle competenze distintive degli ingegneri per l’industria.

Un altro aspetto a cui si dedicò con impegno e passione il presidente Cancellieri nel secondo e nel terzo anno del suo mandato alla guida del gruppo “Formazione e Professione”, fu quello dell’autonomia didattica degli Atenei e dell’offerta didattica delle facoltà di ingegneria in quella prospettiva.

Due articoli su questo tema aprivano il n. 2 (aprile-giugno 2000) di “Alta Frequenza - Rivista di Elettronica”, dedicato alla riforma universitaria e alla formazione tecnica. Il primo articolo, di Antonello Masia, direttore generale del MURST, delineava i principi fondamentali dell’autonomia universitaria che trovavano completa attuazione nella formula 3+2 secondo quanto sancito dai protocolli d’intesa per la libera circolazione dei laureati in ambito europeo. In quella visione i diversi Atenei proponevano manifesti degli studi che riflettevano le loro rispettive competenze e che si ponevano per la prima volta in una prospettiva di positiva competizione tra loro. Fra gli altri lavori, mi limito a citare quello di Luigi Paris e Giancarlo Zini, sull’insegnamento di ingegneria elettrica in due fasi (esperienze e prospettive), e quello sulla didattica in elettronica nella prospettiva del 3+2 di Dante del Corso, Fausto Fantini e Bruno Riccò.

I frutti preziosi di un ventennio di discussioni fra i numerosissimi e appassionati studiosi di un tema fondamentale per il mondo del lavoro si possono trovare nelle relazioni conclusive dei tre successivi presidenti del gruppo AEI “Formazione e Professione”. Stracca e Vannucchi si dichiaravano entrambi soddisfatti dei risultati ottenuti per quanto riguardava la formazione per il livello di laurea, mentre manifestavano qualche perplessità sulla scelta italiana della disposizione in serie dei due livelli di diploma e di laurea, che differiva da quanto fatto nella maggior parte degli altri Paesi europei (che avevano preferito il sistema parallelo).

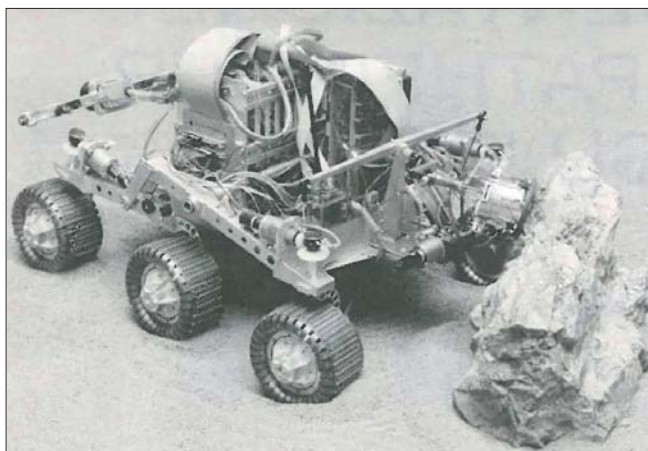
Il terzo e ultimo presidente del gruppo, Giovanni Cancellieri, concentrava invece la sua atten-

zione sulle opportunità offerte dalle nuove metodologie didattiche, basate sull’uso di sistemi multimediali e di interazioni di tipo non tradizionale con il docente in teleconferenza oppure connesso via Internet.

Terminando questo paragrafo, non posso non osservare che lo spazio limitato dedicato al gruppo “Formazione e Professione” è risultato insufficiente a dare un’idea della ricchezza di informazioni che il gruppo era riuscito a raccogliere in più di venti anni di lavoro nel tentativo di aggiornare i *curricula* dei corsi di laurea in ingegneria nel nostro Paese; ritengo pertanto auspicabile che - in un tempo successivo, ma non troppo lontano - la rivista torni sull’argomento, ospitando un articolo interamente dedicato al tema affrontato dalle iniziative del gruppo “Formazione e Professione”.

Un altro punto da non dimenticare: la *Gatti correction*

A conclusione di questi appunti, lo scrivente sottolinea che nel numero di dicembre del 1997, in occasione della missione esplorativa del *pathfinder* sul suolo di Marte, la rivista “AEI - Automazione Energia Informazione” ricordava che i convertitori analogico-numeriche dello spettrometro APXs (*Alpha-Proton-Xrays*) a bordo del “robotino” che avevamo visto muoversi sulla superficie del pianeta Marte, erano dotati della *Gatti correction*, l’artificio del “regolo scorrente” ideato nel 1963, presso i laboratori del CISE di Segrate, da Emilio Gatti con la collaborazione di Carlo Cottini e Vito Svelto, per superare la precisione dei circuiti di misura utilizzati.



▲ **Figura 5**

Il *pathfinder* al lavoro sulla superficie di Marte. Immagine tratta da G. Ricca, Un’idea italiana nella strumentazione di bordo del *pathfinder* al lavoro su Marte, “AEI - Automazione Energia Informazione”, dicembre 1997

Nascita dell'elettronica su "L'Elettrotecnica" e "Alta Frequenza"

Maurizio Vallauri già Politecnico di Torino

Già nel primo volume dell'"Elettrotecnica" un'anticipazione del settore elettronico è presente a firma di Giancarlo Vallauri, che con allievi e collaboratori sosterrà questi interessi della rivista, e avvierà la nuova testata dell'AEI "Alta Frequenza" con l'apporto fondamentale di Paolo Lombardi

Il primo fascicolo de "L'Elettrotecnica - Giornale e Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana" (AEI) nasce il 5 febbraio 1914 sotto i migliori auspici, grazie alla guida del redattore capo Angelo Barbagelata e dei redattori Ugo Bordoni e Giancarlo Vallauri, tre studiosi (Figura 1) che assicuravano congiuntamente una profonda competenza nella materia da cui la rivista prendeva nome e nelle discipline a essa associate, e un alto livello di qualità, competitivo con quello delle riviste consorelle dei grandi Paesi industriali.

Era un'epoca in cui la "elettrotecnica" veniva suddivisa in *tecnica delle correnti forti e delle basse frequenze* (motori, impianti di generazione, trasmissione, distribuzione e utilizzazione di energia, ecc.) e *tecnica delle correnti deboli e delle alte frequenze* (radiotelegrafia, radiotelefonìa, e le altre nascenti materie di elettronica).

Già nel primo volume del 1914 sono presenti (oltre a notizie sui sunti e sommari relative ad articoli di riviste straniere) contributi originali anticipativi che possono considerarsi di "elettronica", anche

se tale denominazione per quello che è pur sempre un settore della elettrotecnica, certo uno dei più importanti, stava appena entrando nell'uso comune comprendendo sempre nuove voci.

È infatti significativo un articolo di Giancarlo Vallauri (Figura 2) del 25 dicembre 1914: com'è già anticipato nel titolo, *Recenti progressi della telegrafia e della telefonia senza fili* (Figura 3), l'autore ragguaglia sui risultati raggiunti nelle prime grandi applicazioni della scoperta di Guglielmo Marconi in un campo della elettronica che presto si chiamerà "Radiotecnica" (su Giancarlo Vallauri - ma anche su Luigi Lombardi - si veda l'intervista a chi scrive di Andrea Silvestri, *Testimonianze e ricordi su Giancarlo Vallauri e Luigi Lombardi*, "AEIT", gennaio-febbraio 2010).

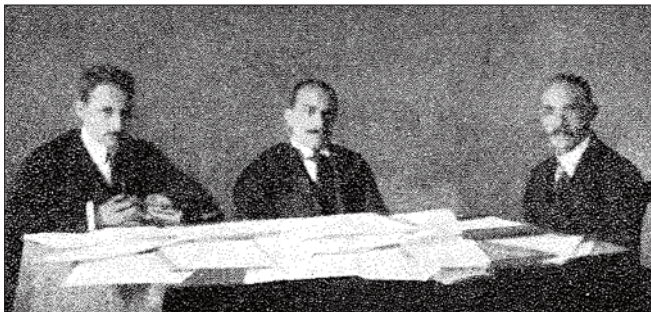
Ma anche più significativo è su "L'Elettrotecnica" del 1917 l'articolo sempre di Giancarlo Vallauri *Sul funzionamento dei tubi a vuoto a tre elettrodi (audion) usati nella radiotelegrafia*; la prima parte è del 25 gennaio, la seconda è nel fascicolo successivo del 5 febbraio. È un lavoro esemplare, anche sotto l'aspetto metodologico: dopo una sistematica raffinata ricerca sperimentale allo scopo di ricavare le curve caratteristiche del tubo a vuoto a tre elettrodi, viene dedotta l'equazione che le rappresenta, fornendo analisi e descrizione particolareggiata del funzionamento del "triode", come sarà chiamato tale "componente attivo" dei primi circuiti elettronici.

Segue negli anni successivi un numero crescente di contributi originali da parte dello stesso autore e di suoi collaboratori e allievi, tra i quali emergono Mario Boella, Nello Carrara, Claudio Egidi, Algeri Marino, Carlo Matteini, Giuseppe Pession, Ugo Ruelle, Ugo Tiberio, Francesco Vecchiacchi; ma continuano a non mancare riferimenti a quanto in quegli anni è pubblicato dalle principali riviste tecnico-scientifiche straniere.

Componenti, circuiti, apparecchiature, sistemi

elettronici in generale, sono progettati, prodotti e applicati per frequenze in costante aumento e nell'indice delle materie la "Radiotelegrafia e Radiotelegrafia" viene inclusa nella più ampia voce "Radiotecnica", con numerose sottovoci riguardanti i circuiti e le apparecchiature costituenti di tale settore della elettronica.

L'evoluzione delle conoscenze teoriche, della progettazione e delle realizzazioni di apparecchiature e impianti tende verso frequenze sempre più elevate cui corrispondono le cosiddette microonde.



Con il patrocinio del CNR, della AEI e della Società Italiana di Fisica e con Guglielmo Marconi Presidente del Comitato Direttivo, Giancarlo Vallauri fonda nel 1932, assumendone la direzione, "Alta Frequenza" (Figura 4a-b), rivista di elettronica, radiotecnica, telefonia e acustica applicata, con l'obiettivo non solo di raccogliere seri scritti originali, ma anche di essere un periodico di informazione e documentazione scientifica e tecnica. Il contenuto viene suddiviso in articoli, lettere al direttore, sintesi di libri e pubblicazioni, informazioni su nuovi apparecchi, recensioni. Fra i tre redattori - Renato San Nicolò, Mario Boella, Paolo

Figura 1

Prima riunione della redazione de "L'Elettrotecnica", 21 dicembre 1913. Da sinistra, Giancarlo Vallauri, Angelo Barbagelata e Ugo Bordoni

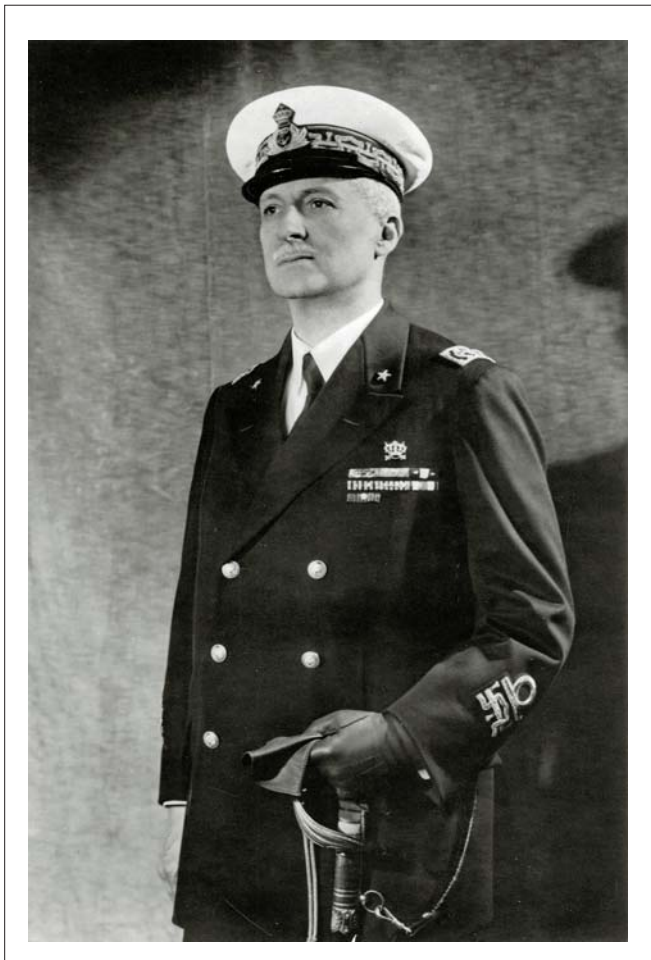


Figura 2

Giancarlo Vallauri in uniforme della Marina - Archivio privato

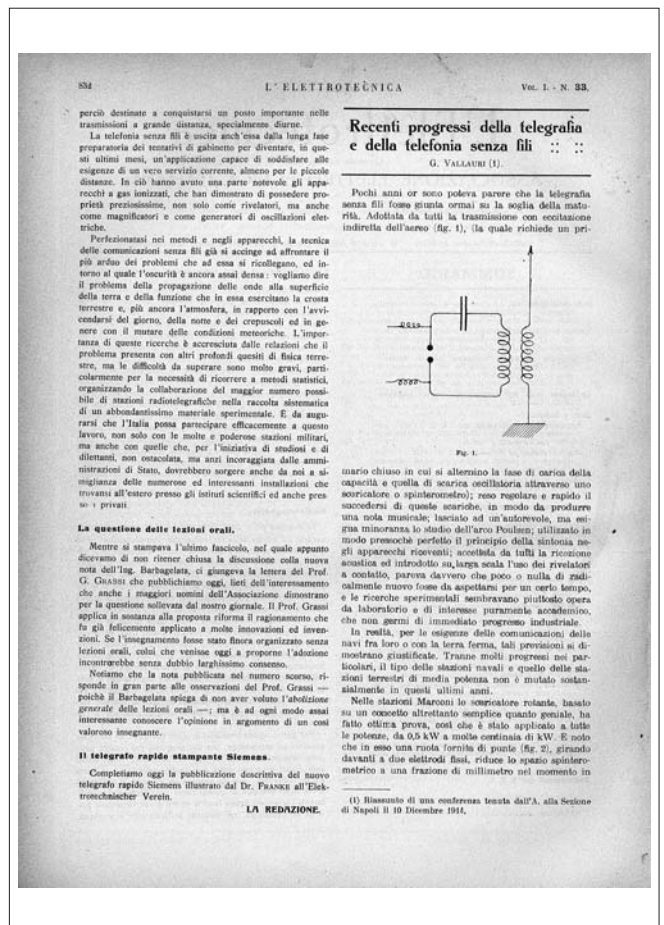


Figura 3

Recenti progressi della telegrafia e della telefonia senza fili, "L'Elettrotecnica", 25 dicembre 1914

Lombardi - quest'ultimo assume subito il maggiore impegno, diviene presto redattore capo e nel 1939 condirettore: uomo riservato e schivo, studioso di profonda e vasta cultura scientifica e umanistica dà al direttore una collaborazione totale. Gli articoli prescelti dopo una severa selezione vengono da lui rivisti, talvolta quasi riscritti a fianco degli autori, in modo da raggiungere la stesura finale di un testo di assoluto rigore scientifico in impeccabile lingua italiana. L'accuratezza di ciò che è pubblicato su "Alta Frequenza" - qualunque sia lo scritto, non solo gli articoli - diventa un marchio caratteristico, proverbiale negli ambienti scientifici, quasi esclusivo della rivista. Il contenuto di elettronica è una raccolta di studi originali e progetti di circuiti e nuove apparecchiature con un tempestivo aggiornamento all'impiego di nuovi ritrovati, quali i transistori e gli altri componenti attivi allo stato solido.

Vengono pubblicati articoli di rilievo da parte di giovani promettenti studiosi e contributi di tutti i maggiori elettronici italiani di quegli anni. Il primo

articolo del primo fascicolo della rivista - *La rivelazione delle microonde* - è di Nello Carrara (fondatore a Firenze del Centro di studio per la Fisica delle Microonde, ora divenuto "Istituto di Fisica Applicata Nello Carrara"), il quale, dopo avere collaborato intensamente durante i successivi anni, è ancora coautore del primo articolo dell'ultimo fascicolo: *Densità volumetrica di echi radio da tracce meteoriche in ricezione radar*.

Nonostante la scarsa diffusione della lingua italiana all'estero, "Alta Frequenza" acquista fama internazionale. Sono anche gli anni nei quali lavori di studiosi italiani, dopo la pubblicazione nell'originale venivano ristampati, interamente tradotti in inglese, sulle maggiori riviste scientifiche straniere, soprattutto negli Stati Uniti d'America e in Gran Bretagna.

Il 7 maggio 1957 muore Giancarlo Vallauri; la direzione di "Alta Frequenza" viene assunta da Paolo Lombardi (Figura 5) e la rivista prosegue con ritmo regolare a conservare il suo posto di rilievo internazionale. Ma nel 1960 l'AEI decide di

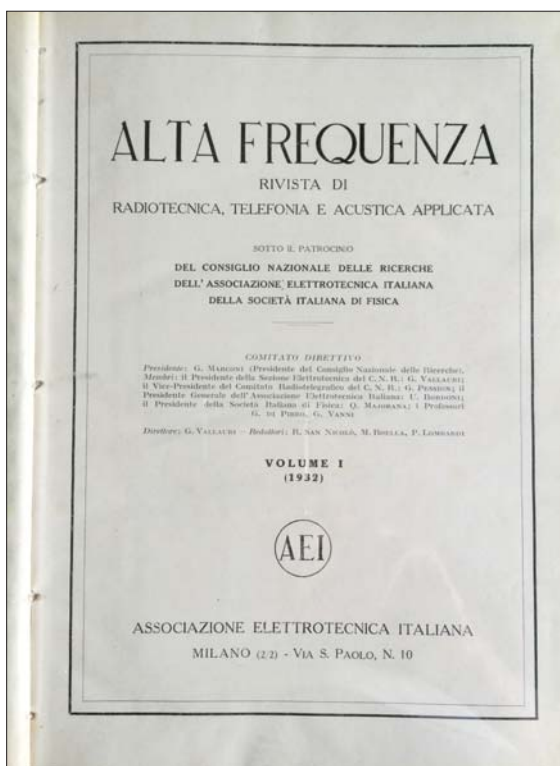


Figura 4a
Frontespizio del primo numero di "Alta Frequenza" del 1932

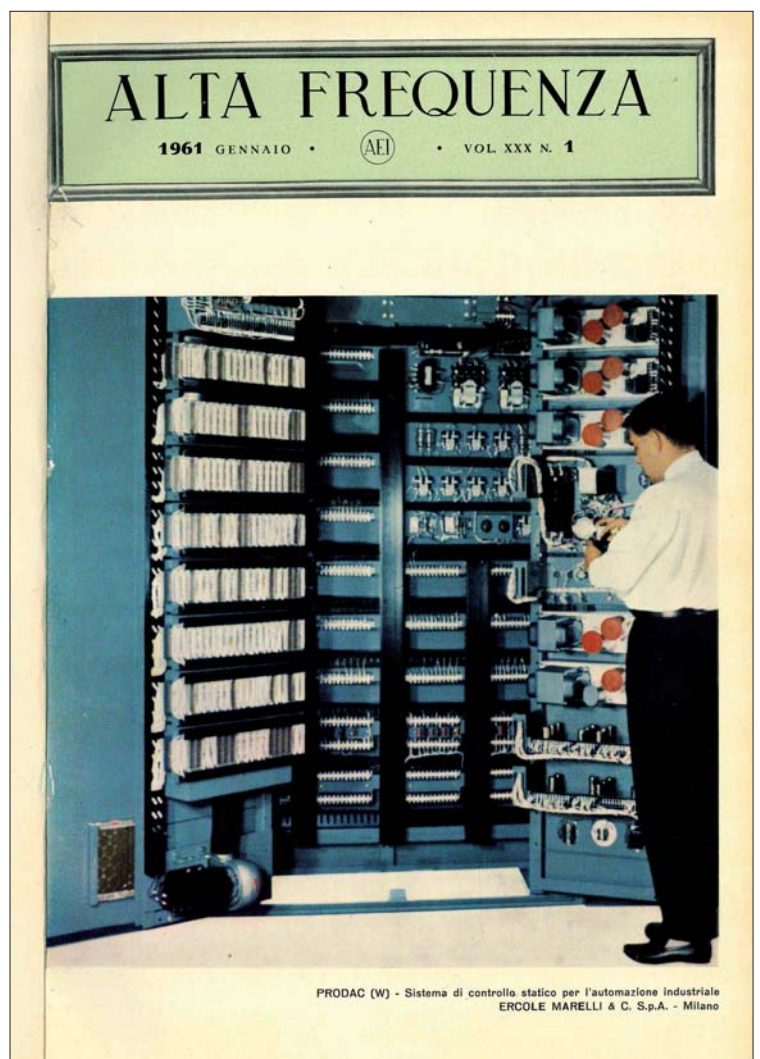


Figura 4b
Copertina di "Alta Frequenza" nel 1961



▲ **Figura 5**

Paolo Lombardi in età matura. - Archivio privato

uniformare le sue due riviste - "L'Elettrotecnica" e "Alta Frequenza" - adottando anche nuovi criteri organizzativi.

In testa all'ultimo fascicolo (n. 6 del dicembre 1960), in un saluto di congedo intitolato "Intermezzo", Paolo Lombardi scrive: *"Col presente fascicolo 'Alta Frequenza' della prima maniera mette il punto finale alle sue pubblicazioni. Mantentasi fedele ai criteri con cui era stata fondata nell'ormai lontano 1932, dopo avere superato senza alcuna interruzione tempi duri e difficili - due guerre e molte traversie - essa schiera, in testa a quello che sarà il succedersi dei futuri suoi numeri, la linea dei primi trenta volumi (circa diciottomila pagine in oltre duecento fascicoli: n.d.a.): le ventinove annate e - quasi canto del cigno - i rendiconti del Convivio"* (Convivio sui Ponti Radio tenutosi nel 1959: n.d.a.).

"Alta Frequenza" della prima maniera, l'"Alta Frequenza" verde, resta nella storia della elettronica come esempio ineguagliato di rivista scientifica, resa possibile dalla collaborazione di due uomini eccezionali su problematiche di grande attualità, una realizzazione che fa onore all'Italia.

Segue subito dal 1961 "Alta Frequenza" della seconda maniera diretta da Emilio Gatti, con redattori Francesco Carassa, Luigi Dadda, Bruno Peroni.

Dopo un ventennio di successo cominciarono a presentarsi varie difficoltà tra le quali, forse la più grave, la caduta di interesse da parte degli elettronici italiani a motivo della attrazione e diffusione delle grandi riviste straniere, soprattutto americane, con pesanti conseguenze di natura economica. Furono adottati vari provvedimenti, quali una più ampia accoglienza di contributi estesa anche a lavori di elettrotecnica, la edizione solo in lingua inglese, una vasta aggiornata documentazione in collegamento con l'industria elettronica italiana. Nonostante l'impegno e la capacità in primo luogo dei direttori Emilio Gatti del Politecnico di Milano sino al 1988, poi Silvano Donati dell'Università di Pavia e - negli ultimi quattro anni - Bruno Riccò dell'Università di Bologna, "Alta Frequenza" della seconda maniera deve cessare la pubblicazione nel 2001. Non è una conclusione inattesa, poiché già nell'editoriale del n. 1 del 1998 Riccò scriveva: *"Il 1997 è stato un altro anno difficile per Alta Frequenza, che ha visto diminuire ulteriormente il numero di abbonati e, di conseguenza, aggravarsi la sua situazione economica, mentre non hanno avuto seguito le iniziative editoriali pensate per aumentare l'interesse della rivista (per esempio quella sulle lettere con cui si pensava di coinvolgere i lettori non ha mai decollato)"*. E infine, nell'ultimo numero del 2001 e della testata, lo stesso Riccò dichiarava chiusa l'esperienza, *"essenzialmente a causa di insostenibili problemi economici, a loro volta frutto della crisi che ha investito le organizzazioni di tipo associativo"*; e gli stessi cambiamenti che mettevano ora in crisi anche l'informazione tecnica erano paradossalmente connessi a *"quello sviluppo delle ICT, che Alta Frequenza ha sempre cercato di favorire"*.

Ma non può mancare, a conclusione di questi ricordi, una nota di fondata speranza e fiducia nell'avvenire: nel primo centenario della gloriosa rivista "L'Elettrotecnica", la rivista della "AEIT" (che ne è l'erede e ne rappresenta la continuazione), ritorna alle origini riproponendo la memoria e il valore della tradizione di tutta la vasta area elettrotecnica, ma anche dell'elettronica e di quel grande e vitale settore dell'ICT (*Information and Communications Technology*) che ne è derivato.

L'autore ringrazia vivamente la Dott.ssa Emanuela Secinaro dell'INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, già Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris) di Torino, che con grande cortesia gli ha reso possibile e facile consultare la collezione de "L'Elettrotecnica" e di "Alta Frequenza".

Un secolo di telecomunicazioni nelle riviste di AEI/AEIT

Alfredo Biocca *Istituto Superiore Mario Boella (ISMB)*

Angelo Luvison *IEEE Life Member*

“L'Elettrotecnica” fin dalla fondazione nel 1914 si occupa di elettronica e telecomunicazioni sotto il profilo tecnico, industriale e di ricerca, curando altresì la comunicazione del sapere. Su questi temi, nel 1932 vede la luce “Alta Frequenza”; oggi l'ICT continua nella rivista “AEIT”

La cultura tecnico-scientifica italiana negli ultimi decenni non sembra godere di grande prestigio, spesso neppure di buona cittadinanza, presso i non addetti ai lavori. È l'effetto dell'ostilità all'educazione scientifica radicata nella tradizione italiana, a partire da personalità pur geniali come Benedetto Croce e Giovanni Gentile - avversari in politica, ma consonanti nel pensiero - in avanti. Incancellabile dalla memoria è, in particolare, l'episodio (1911) in cui Croce sbeffeggia il grande matematico e filosofo della scienza Federigo Enriques come dilettante incompetente in campo filosofico, oltre che qualificarlo di “ingegno minuto”, caratteristica che sarebbe comune a tutti gli scienziati. Anche da ciò discendono l'attuale ostilità verso il progresso scientifico e gli atteggiamenti a varie sfumature di “neo-luddismo” verso le opere tecnologiche di pubblica utilità.

“Voi siete ingegneri, esperti di numeri, io vengo dalle lettere, quindi sono esentato dal citare cifre e dati [...]”, si sente ripetere da politici e ministri - uomini e donne - in molti dibattiti pubblici. Questo si aggiunge all'altro altrettanto fru-

sto stereotipo “*gli ingegneri non pensano, funzionano!*”. Come se matematici, ingegneri, scienziati non potessero apprezzare e contribuire alle discipline umanistiche (oggi denominate *humanities* anche da coloro che osteggiano i corsi universitari tenuti in inglese): l'arte, la poesia, la letteratura, la filosofia.

Le ragioni e le conseguenze di questa polarizzazione della cultura italiana hanno per effetto la ricerca della contrapposizione, anziché di un rapporto armonico che riconosca la fondamentale unità dei saperi, come è stato in secoli passati. Unità intesa non in modo retorico o ingenuo, bensì rispettosa dello statuto epistemologico individuale di ogni scienza, purché fondata sulla ragione.

Naturalmente non possiamo, pur in questo quadro fortemente aduggiato dall'idealismo in tutte le sue declinazioni o qualificazioni (“vetero-”, “neo-”, ecc.), trascurare le poche lodevoli eccezioni che hanno permesso di costruire un Paese moderno, avanzato, industriale, che fa funzionare le infrastrutture di supporto all'intera economia nazionale: l'energia e le telecomunicazioni. Ed è da sottolineare con forza che le eccezioni nazionali sono state permesse in virtù dell'alta formazione e dell'istruzione erogate da prestigiosi istituti tecnici, dalle scuole di ingegneria e dai politecnici italiani.

Questo sapere si rispecchia anche nella nostra Associazione (prima AEI, poi AEIT), e nelle sue riviste a partire da “L'Elettrotecnica”, sempre attenta a coniugare ricerca e innovazione, che sono, per tutti noi appartenenti non solo alla comunità tecnico-scientifica, ma anche alla società contemporanea, sia la base della cultura scientifica, tecnologica e accademica, sia condizione necessaria (ancorché non sufficiente) per il progresso della società, del suo sviluppo e della sua maturazione sociale, in un Paese che da anni non cresce più e appare, piuttosto, avere perso gran parte della sua competitività. Un Paese, come già detto, con un modesto tasso di razionalità frutto

di un malcelato fastidio per la cultura scientifica.

Ci sembra che il modo migliore per delineare il ruolo de “L’Elettrotecnica”, e delle altre riviste di AEIT da essa germinate, nelle discipline dell’ICT (*Information and Communications Technology*), sia di ricorrere alla periodizzazione (si veda la sinossi schematizzata in figura 1), campionando autori e articoli, qui delineati in realtà con pennellate molto ampie¹. Per diverse ragioni, la trattazione su persone o eventi non può essere completa o sistematica, bensì si prefigge di essere unicamente esemplificativa di un lavoro tuttora *in fieri*, per offrire, invece, una carrellata diacronica, a flash, prendendo alcuni contributi fra i tanti a titolo di esempio.

È doveroso ricordare, infine, la rilevanza delle varie testate AEI/AEIT anche nella loro non secondaria funzione di deposito e trasmissione della conoscenza per le discipline di cultura ICT, iscritte, cioè, nell’acronimo dell’Associazione stessa: Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica, Telecomunicazioni.

“L’Elettrotecnica” e le telecomunicazioni: i primi due decenni

Fin dal primo anno (1914)², “L’Elettrotecnica” pubblica lavori dedicati alle aree “Radiotelegrafia e radiotelegrafia” e “Telegrafia, segnalazioni” dell’indice analitico annuale. Nella seconda area, già nel solo 1914, appaiono ben dieci contributi che spaziano dalle nuove centrali telefoniche interurbane ai cavi telefonici per grande distanza, dalle misure telefoniche alle interferenze elettromagnetiche.

È doveroso segnalare il contributo di Guglielmo Marconi, universalmente conosciuto per avere sviluppato, per primo, un efficace sistema di comunicazione senza fili via onde radio, o radiotelegrafo. Questo sistema, che vale a Marconi il premio No-

bel per la fisica nel 1909, ottiene subito una rapida diffusione, e la sua evoluzione porta allo sviluppo dei moderni sistemi e metodi di radiocomunicazioni³.

È storicamente (e socialmente) molto importante la trascrizione intitolata *I recenti progressi della Radiotelegrafia* di una sua conferenza, che fornisce lo stato dell’arte nel settore della radiotelegrafia, aggiornato al 1914 (“L’Elettrotecnica”, gennaio 1914, pp. 147-158). In uno dei capoversi conclusivi (p. 158), Marconi afferma: “Al disopra di qualsiasi interesse sulle applicazioni della radiotelegrafia io credo che la più grande soddisfazione che compensa largamente il lavoro di tutti coloro che si dedicano alla soluzione di questo importante problema e che sono come me spesso di fronte ai pericoli del creare, è quella di constatare che la radiotelegrafia non è venuta mai meno tutte le volte che si è trattato di ricevere il grido di soccorso di vite umane in pericolo sul mare”.

La comunicazione di Luigi Solari commemorativa de *I progressi della Radiotelegrafia nel 25° anniversario della prima dimostrazione in Italia dell’invenzione di Guglielmo Marco-*

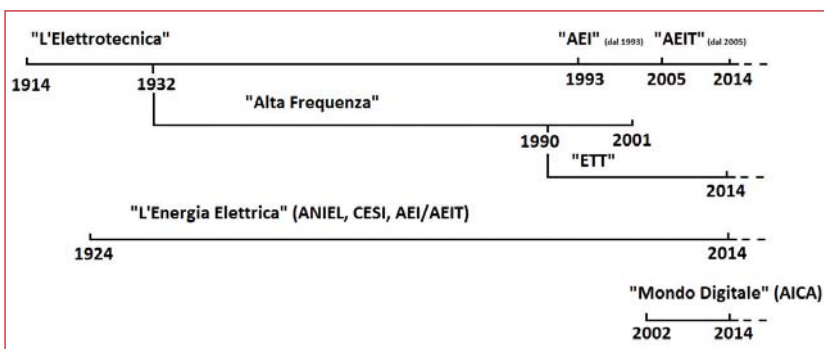


Figura 1

Evoluzione cronologica delle riviste di AEI/AEIT e testate collegate.

In particolare:

- a.** dal 1993 a tutto il 1999, l’acronimo “AEI” di copertina della rivista è esplicitato nel significativo sottotitolo “Automazione Energia Informazione”, pur in continuità con la numerazione progressiva delle annate;
- b.** “Alta Frequenza” negli anni ‘90 fino al 2001, aggiunge al nome il sottotitolo “Rivista di Elettronica”; nel 1990 dà origine alle “European Transactions on Telecommunications” (“ETT”);
- c.** “L’Energia Elettrica” nasce nel 1924 come rivista dell’ANIEL (Associazione Nazionale delle Imprese Elettriche), viene poi acquisita dal CESI (Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano) e, nel 1980, dall’AEI;
- d.** AEI collabora alla nascita nel 2002 di “Mondo Digitale”, rivista ufficiale dell’AICA

¹ Può aiutare a integrare lo sfondo e i fatti storici l’opera collettanea in due volumi *Storia delle telecomunicazioni* (a cura di Virginio Cantoni, Gabriele Falciasecca, Giuseppe Pelosi), Firenze, Firenze University Press, 2011. Si suggerisce anche di consultare *Le telecomunicazioni in Italia e il museo della Sirti* (Roma, Bariletti Editori, 1992) di Luigi Bonavoglia.

² Non è irrilevante osservare che la numerazione dei “Proceedings” dell’IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) parte dal 1913: forse, un secolo fa la ricerca italiana non era poi tanto arretrata!

³ Nel 2014, il Politecnico di Torino, in collaborazione con la comunità italo-canadese dell’Ontario, ha promosso nell’ambito del *Marconi Year 2014* una serie di iniziative per ricordare, soprattutto alle giovani generazioni, il contributo fondamentale che Marconi ha dato al mondo moderno.

ni ("L'Elettrotecnica", luglio 1922, pp. 423-426) si apre con: "Oggi si compiono 25 anni dal giorno in cui Marconi scrisse al nostro Governo: 'Ho ideato un nuovo rapido mezzo di comunicazione che spero possa essere utile al nostro Paese'.

Queste semplici parole scritte nell'Aprile del 1897 da un giovanetto appena ventenne furono la prima rivelazione della forza intuitiva della mente di Marconi e della forza del suo affetto per l'Italia. Queste due forze hanno guidato sempre l'opera di Marconi nei trascorsi 25 anni".

È da notare che negli anni seguenti, pur permanendo l'affetto per l'Italia, l'impegno di Marconi nelle attività industriali assumerà sempre più la dimensione internazionale. Egli è anche nominato nel 1914 senatore a vita: vi fu un tempo, infatti, nel quale essere scienziato era considerato nel nostro Paese un titolo di merito per accedere alle istituzioni più prestigiose.

Nell'area "Radiotelegrafia e radiotelefonìa", prima del secondo conflitto mondiale, i temi più discussi riguardano soprattutto gli aspetti tecnologici relativi a problemi realizzativi circuitali di ricevitori e trasmettitori. Inoltre, comincia a essere affrontato il dibattito sulle soluzioni delle infrastrutture delle centrali radio, poste in essere in un periodo di grandi investimenti nelle reti, anche con ambiziose prospettive di integrazione (si veda *Il centro radiotelegrafico di Coltano*, fondato da Marconi e descritto da Giancarlo Vallauri, "L'Elettrotecnica", gennaio 1924, pp. 2-27). Da segnalare anche l'interesse per le onde convogliate ad alta frequenza su linee elettriche⁴, come esempio di un primo livello di integrazione su un unico mezzo trasmissivo (lettera alla redazione di G. Rautenkrantz, *Telefonia ad onde convogliate*, "L'Elettrotecnica", dicembre 1923, pp. 125-126).

Naturalmente, in quei primi anni lo sviluppo delle tecnologie elettroniche è strettamente intrecciato con quello delle telecomunicazioni. Questi anni sono perciò caratterizzati da un'attenzione della rivista alla diffusione delle potenzialità derivanti dalla tecnologia del tubo elettronico, o valvola, in quanto permette impieghi sia come rilevatore, nella ricezione di segnali radiotelegrafici, sia come oscillatore per le stazioni radiotrasmettenti.

Come prassi dell'epoca, la conoscenza di un componente, in questo caso attivo, richiede una puntuale descrizione attraverso equazioni matematiche. A livello mondiale molti studiosi giungono quasi contemporaneamente nel 1917 alla loro formulazione. Per l'Italia, il merito va attribuito a Giancarlo Vallauri, che descrive esaurientemente il componente attivo nei primi numeri di "L'Elettrotecnica", con una serie di esperienze successive insieme con altri giovani ricercatori come

Mario Boella (si veda il box a lui dedicato) e Francesco Vecchiacchi⁵.

La valvola elettronica è dunque la tecnologia abilitante per il mondo delle nascenti telecomunicazioni e per le comunicazioni radiotelevisive. Il componente, di fatto, può funzionare come interruttore senza contatti, come amplificatore di segnali debolissimi, come sorgente per l'alimentazione di motori e, soprattutto, per misurare grandezze elettriche e meccaniche. Al tubo elettronico si devono la radiofonia, la televisione, il registratore di tipo magnetico, i servomeccanismi, il primo calcolatore elettronico.

Lo sviluppo successivo della componentistica basata sul silicio, come il transistor, e che prende il nome di "stato solido", negli anni '50 porta a una rapida accelerazione dell'ICT sfruttando le dimensioni scalabili, i consumi ridottissimi e un'affidabilità maggiore rispetto ai tubi elettronici.

Anno 1932: nasce "Alta Frequenza"

Nel marzo 1932, l'AEI fonda la nuova rivista "Alta Frequenza", alla quale "L'Elettrotecnica" passa rapidamente il testimone per gli argomenti di elettronica, radiotecnica, telefonia e acustica applicata. Il suo obiettivo esplicito è di costituire per queste materie un riferimento scientifico della ricerca accademica e industriale italiana. Dal punto di vista organizzativo, la nuova rivista è strutturata in un Comitato Direttivo e una Redazione. Primo Presidente del Comitato è Guglielmo Marconi, mentre Direttore di Redazione è nominato Giancarlo Vallauri. Le materie trattate fin dall'inizio sono varie e ampiamente articolate, come illustrato in figura 2. Marconi, inoltre, vi collabora direttamente con l'estesa rassegna *Radiocomunicazioni con onde cortissime* ("Alta Frequenza", gennaio 1933, pp. 5-45).

Nei primi decenni, la rivista affronta le tecnologie abilitanti secondo i diversi componenti attivi e passivi, i materiali e le relative misure prestazionali, lo studio e l'analisi dei diversi fenomeni, nonché le soluzioni per affrontarli (variazione di impedenza, correnti parassite, stabilizzazione ed equalizzazione analogica dei circuiti). Attenzione particolare è dedicata al settore delle trasmissioni radio a microonde con riguardo agli aspetti tanto circuitali (connessi al magnetron) quanto sistemistici, come pure alle trasmissioni ad altissima frequenza su cavo con l'esigenza di moltiplicare i segnali per aumentare l'efficienza di canale e aumentare la banda di trasmissione. Da segnalare il primo impiego del silicio in componenti passivi come i varistori (resistori non ohmici), che con l'uso, per esempio, del carburo di silicio assumono

una proprietà di resistenza variabile con l'intensità di corrente, senza rispettare perciò la legge di Ohm.

Bisogna attendere il 1951 per vedere trattata sul piano teorico l'emergente teoria matematica dell'informazione con l'articolata rassegna *Fondamenti della teoria dell'informazione* di Sante Malatesta ("Alta Frequenza", giugno-agosto 1951, pp. 128-159), dove sono presentati con chiarezza didattica gli studi di Harry Nyquist (anni '20) sulla quantificazione dell'informazione e sulla velocità alla quale essa può essere trasmessa da un sistema di comunicazione; le ricerche di Ralph Hartley (fine anni '20) che stabiliscono la quantità di informazione trasmissibile (proporzionale al prodotto della larghezza di banda con il tempo di trasmissione); infine, il lavoro di Claude Shannon (1948) con l'enunciazione dei due teoremi fondamentali della teoria riguardanti: a) la codificazione di sorgente e b) la codificazione di canale. Segue, ancora da parte di Malatesta, *Un contributo allo studio statistico delle comunicazioni* ("Alta Fre-

quenza", agosto-ottobre 1952, pp. 163-198).

In parallelo, occorre menzionare lo speculare e altrettanto rilevante argomento di teoria matematica delle code (con applicazioni alla congestione del traffico telefonico e al dimensionamento delle centrali di commutazione), le cui origini possono essere fatte risalire ai lavori seminali del matematico e ingegnere danese Agner Krarup Erlang (1878-1929). In questo contesto, spicca: Francesco Capello, Antonio Sanneris, *Studio economico della accessibilità di una centrale telefonica automatica* ("Alta Frequenza", giugno-agosto 1956, pp. 305-318) sull'ottimizzazione delle risorse di rete in funzione del traffico telefonico servito.

Per i sistemi e gli impianti di trasmissione, negli anni '60, Luigi Bonavoglia collabora alla testata con numerosi contributi che spaziano dalla trasmissione telefonica ai ponti radio, dall'analisi statistica delle prestazioni di sistemi di trasmissione alla rete a larga banda di cavi sottomarini. Nella rete di ponti radio italiana Francesco Carassa sperimenta all'inizio degli stessi anni la capacità di 2.700 canali telefonici su ogni portante con tratte di 50 km (si veda il suo articolo *Research on radio relay systems having a very high transmission capacity (2700 telephone channels or the equivalent)*, "Alta Frequenza", febbraio 1962, pp. 82-95)⁶. I criteri proposti per questa canalizzazione, sino ai valori numerici usati nella pratica, sono adottati in sede internazionale nel 1963, costituendo normativa ufficiale.

Nei decenni 1960-'90, non manca sulla rivista una cospicua letteratura di teoria statistica delle comunicazioni ("alla Wiener"⁷, tanto per intenderci) su temi riguardanti: rumore, interferenza intersimbolica e intercanale, sincronizzazione, mo-demodulazione numerica, ricezione ottimale, equalizzazione numerica adattativa, valutazione delle prestazioni, elaborazione numerica dei segnali, teoria delle comunicazioni su fibra ottica. A tutti questi temi, la comunità di ricerca italiana - accademica e industriale - contribuisce in modo sostanziale e significativo, come il lettore potrà verificare, se lo desidera, sfogliando le annate di "Alta Frequenza". Si segnala, come esempio, una ricca rassegna di articoli ("Alta Frequenza", maggio 1971) sull'analisi, simulazione e progetto di sistemi radio in PCM (*Pulse Code Modulation*) con varie modulazioni di tipo numerico. Questi lavori sono introdotti congiuntamente da Boella e Bonavoglia.

Tornando al 1951, la rivista tratta in modo scientifico i semiconduttori, materiali caratterizzati da passaggi di corrente sia per via ionica sia per via elettronica: si sta avviando la rivoluzione dell'elettronica allo stato solido che nel giro di dieci anni sostituirà i tubi e le valvole e, successivamente,

XII	INDICE PER MATERIE	A. F. I
INDICE PER MATERIE		
1. - Accumulatori e pile. 2. - Acustica delle costruzioni. 3. - Amplificatori. 4. - Antenne. 5. - Applicazioni varie. 6. - Circuiti, quadripoli, filtri. 7. - Convertitori, raddrizzatori. 8. - Disturbi e fenomeni perturbatori. 9. - Elettroacustica. 10. - Elettrocomunicazioni a onde convogliate. 11. - Elettrofisica e magnetofisica. 12. - Elettrotecnica generale. 13. - Fisica generale. 14. - Fonografia e cinematografia sonora. 15. - Fotoelettricità. 16. - Generatori, oscillatori. 17. - Impianti e accessori radio-tecnici.	18. - Impianti e accessori telefonici. 19. - Istituti, scuole, esposizioni congressi. 20. - Linee e condutture. 21. - Materiali. 22. - Misure. 23. - Modulazione, radiotelegrafia. 24. - Piezoelettricità. 25. - Propagazione delle radioonde. 26. - Radiocomunicazioni direttive. 27. - Ricevitori. 28. - Telegrafia e telescrittura. 29. - Televisione e trasmissione delle immagini. 30. - Trasformatori. 31. - Tubi elettronici. 32. - Varie. 33. - Vibrazioni meccaniche.	

Figura 2
"Alta Frequenza" (vol. 1, 1932): esempio di "Indice per materie"

⁴ Oggi, comunicazioni su linee elettriche, o *Power-Line Communications* (PLC).

⁵ Su Vecchiacchi si veda il saggio di Francesco Carassa *Vecchiacchi e i rapporti con l'industria*, nel secondo volume de *Il Politecnico di Milano nella storia italiana (1914-1963)*, Milano-Bari, Cariplo-Laterza, 1988.

⁶ "Alta Frequenza" pubblica anche articoli in lingua inglese.

⁷ Se ci è consentito schematizzare drasticamente, Norbert Wiener pensa che si debba agire solo *dopo* che il segnale è stato disturbato dal rumore (*optimal Wiener filtering*); Claude Shannon, ritiene invece che si possa intervenire anche prima per proteggere il segnale dai successivi disturbi (*channel coding*). Si noti che i due lavori citati di Malatesta rispettano questa distinzione di massima.

con una crescente integrazione realizzativa vedrà la nascita dei componenti micrologici e dei microprocessori (cfr. Paolo Lombardi, Maurizio Valauri, *Prove su termistori di produzione nazionale*, "Alta Frequenza", aprile 1951, pp. 51-67).

Ciò risulta strumentale per la nascita dell'*Information Technology* (IT) a partire dall'elettronica digitale e della microprogrammazione: sono da ricordare i lavori fondamentali di Giovan Battista Gerace negli anni '60 (su argomenti che spaziano dalla Calcolatrice Elettronica Pisana, o CEP, all'automazione della progettazione dei sistemi logici) come pure di Pier Giorgio Perotto *L'automazione del progetto elettronico alla Olivetti* ("Alta Frequenza", marzo-aprile 1970, pp. 352-359): l'articolo espone lo stato dello sviluppo dei metodi di automazione *tramite calcolatore* nelle varie fasi del progetto dei calcolatori elettronici in Olivetti⁸.

Nei decenni successivi, "Alta Frequenza" continua la pubblicazione di importanti articoli sull'evoluzione delle telecomunicazioni verso le moderne tecniche digitali. La tecnologia-principe che ha permesso la transizione dalle comunicazioni analogiche a quelle digitali, favorendo così la creazione di una rete telefonica (di telecomunicazioni) all'avanguardia nella trasmissione, nella commutazione e nella gestione, è ovviamente la modulazione a impulsi di codice, o PCM. Tutto ciò rende l'Italia uno dei Paesi più moderni per infrastrutture, applicazioni e servizi, almeno fino alla metà degli anni Novanta.

L'integrazione nelle tecniche e nei servizi è il paradigma dominante delle telecomunicazioni a partire dagli anni '80 in poi: ISDN (*Integrated Services Digital Network*), larga banda (*Broadband-ISDN*), commutazione a pacchetto ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), reti locali e metropolitane, FTTH (*Fiber-to-the-home*), VoIP (*Voice over Internet Protocol*) sono fra i passaggi sistemistici più importanti, che scandiscono l'evoluzione delle telecomunicazioni. Un'ampia rassegna è fornita da Maurizio Dècina in *La rivoluzione della rete telefonica numerica verso l'integrazione dei servizi: la rete ISDN*, "AEI", luglio-agosto 1994, pp. 737-744. Ciò richiede ai nostri ingegneri e tecnici di confrontarsi - con impegno e successo - in attività di ricerca, normativa e standardizzazione in un contesto sempre più internazionale. Fra i tanti possibili, si ricorda il progetto FSAN sulla rete d'accesso, come esempio, metodologicamente rappresentativo, di un'attività tecnica di respiro internazionale, con il coinvolgimento su più anni di gestori e costruttori europei, nordamericani, giapponesi (Umberto Ferrero e Angelo Luvison, *Full Services Access Networks (FSAN): un sistema*

avanzato per la fornitura di servizi a larga banda, "Alta Frequenza", marzo-aprile 1998, pp. 35-42). "Alta Frequenza" non può non ricordare Marconi in occasione del centenario della radio (1995), dedicandogli il numero speciale di marzo-aprile, curato da Gabriele Falciasecca e Mario Calamia⁹. Questo "speciale" comprende contributi tecnici e storici da parte di qualificati esperti: Maurizio Bigazzi, Francesco Carassa, Gian Carlo Corazza, Ugo e Paolo Tiberio, Barbara Valotti.

"L'Elettrotecnica", "AEI"/"AEIT" e l'ICT: gli ultimi decenni

Dagli anni '80 il testimone dell'ICT, in forma maggiormente espositiva e di ampia comunicazione, è ripreso da "L'Elettrotecnica", che nel 1993 assumerà il nome di "AEI" (e "AEIT" dal 2005). Nell'ontologia formale dell'indice analitico che classifica le categorie della materia trattata nell'anno appaiono, in particolare, "Informatica" e "Telecomunicazioni".

Un esempio di articolo redatto in modo accessibile ed esplicativo è *Divagazioni sui concetti di base delle comunicazioni* di Francesco Carassa ("AEI", novembre 1994, pp. 992-999). Sul versante dell'esercizio delle reti telefoniche analogiche installate fino agli inizi degli anni '80, si può ricordare il lavoro di Alberto Tosalli, *Il progetto ottimo della manutenzione degli impianti telefonici: considerazioni generali*, "L'Elettrotecnica", settembre 1982, pp. 835-844.

Le fibre ottiche, come tecnologia abilitante per le comunicazioni a larga banda, sono oggetto di attenta analisi durante la transizione da uno stadio di sviluppo tecnologico a livello di laboratorio a una fase di introduzione in rete di esercizio con i problemi di installazione, di affidabilità e di gestione. Sono quindi affrontati i temi delle misure su fibra ottica che si sviluppano da un approccio di affinamento tecnologico a fattore di dimensionamento e caratterizzazione del sistema trasmissivo. Qui contribuiscono, con numerosi e importanti contributi, attori provenienti tanto dai principali centri di ricerca (per es., Basilio Catania, Bruno Costa, Benedetto Daino) o delle università (per es., Giovanni Cancellieri, Carlo Giacomo Someda, Orazio Svelto), quanto dai costruttori nazionali di fibre e relativi apparati (Pirelli, SIRTI, FOS¹⁰, Italtel, Telettra, Marconi, ecc.). Sempre procedendo *per specimina*, sulle prime ricerche di telecomunicazioni in fibra ottica si raccomanda la sintesi postuma di Catania *Quando la ricerca italiana era un gioco di squadra: il caso CSELT* ("AEIT", gennaio-febbraio 2010, pp. 46-50). Anche "Alta Frequenza" si occupa di comunicazioni ottiche: l'intero numero speciale di luglio-agosto 1992 su-

gli amplificatori ottici testimonia il contributo della comunità scientifica e tecnica italiana alla ricerca e all'applicazione di questi nuovi dispositivi a reti e sistemi ottici.

Sulle comunicazioni satellitari, "AEI" segue l'evoluzione dei sistemi Olympus dell'ESA (*European Space Agency*) e Italsat dell'ASI (Agenzia Spaziale Italiana) in banda Ka (approssimativamente da 18 a 40 GHz), che dimostrano l'utilizzabilità della stessa e la maturità delle relative tecnologie. In particolare i due satelliti F1 e F2 del programma Italsat, concepiti negli anni '80 e operativi sino al 2001-2002, si basano su una concezione sistemistica moderna, tuttora valida. Totalmente in banda Ka, con copertura multifascio (sei spot), modod modulazione a bordo, matrice di commutazione, capacità totale di circa 900 Mbit/s, Italsat costituisce anche la prima sperimentazione di propagazione a 40 e 50 GHz: qui il contributo di riferimento è *L'esperimento di propagazione Italsat* di B. Giannone, E. Matriccioni, A. Paraboni, E. Saggese ("AEI", agosto 1985, pp. 763-767).

Oggi le comunicazioni mobili cellulari forniscono infrastrutture di base alle comunicazioni *always on*: l'essere sempre connessi (*anything, anytime, anywhere*) per comunicare con chiunque, da ogni luogo, in movimento, in ogni modo. Esse rappresentano non solo un caso tecnologico e applicativo ma anche un evento di portata socio-economica inimmaginabile solo alcuni decenni fa. Le comunicazioni cellulari a metà degli anni '80 fruiscono di un periodo di fertile cooperazione a livello di standardizzazione tecnica internazionale (forse perché si è ancora lontani dagli obiettivi di privatizzazione degli operatori dominanti e di competizione nei mercati senza assetti normativi sufficientemente preordinati). "AEI" segue gli sviluppi delle specifiche di un nuovo sistema di rete radiomobile numerica basato sul riuso della risorsa chiave della rete: le frequenze del canale radio di accesso, che sono allocate su base cella. L'intelligenza della rete permette anche di localizzare il terminale per consentirgli di "vagabondare" per la rete stessa o verso reti di altri operatori: si stanno ponendo le basi della rete GSM (*Global System for Mobile Communications*), poi esplosa negli anni '90. In questo settore, due importanti lavori di rassegna tecnica sono:

- a. Cesare Mossotto, *Comunicazioni mobili e personali: Prospettive tecniche e di servizio*, "AEI", febbraio 1993, pp. 179-187;
- b. Pietro Porzio Giusto, *L'innovazione apportata nel servizio cellulare dal sistema paneuropeo GSM*, "AEI", settembre 1994, pp. 827-831.

Tornando a "Alta Frequenza", si può ricordare il "Focus on Mobile Radio Systems" (1988, numero

di gennaio-febbraio) con lavori, in inglese, provenienti da università, centri di ricerca e industrie, su aspetti tecnologici, sistemistici e sperimentali. Altro esempio significativo è l'articolo di Andrew Viterbi¹¹, intitolato *L'industria del wireless: chiarezza tecnologica ma incertezza del mercato* ("AEI", ottobre 2003, pp. 30-33), che offre in modo lucido, argomentato ed elegante una serie di idee e stimoli sulle prospettive dell'industria delle telecomunicazioni wireless. Le posizioni, espresse dall'autore con efficace acume argomentativo, sono sempre equilibrate, oltre che motivate, comprensibili, fattuali.

Nell'informatica e nella *computer science*, i temi possono essere sintetizzati seguendo due traiettorie specifiche. La prima si riferisce al progresso tecnologico con una crescente capacità elaborativa dei computer (Francesco Carassa, *Tempo, spazio, memoria e intelligenza nell'elettronica contemporanea*, "AEI", aprile 1985, pag. 333-347) che pone il quesito - molto dubitativo - se questa intelligenza possa mai superare i confini di un essere umano. L'intelligenza artificiale si pone quindi non più come elemento tecnologico della gestione dell'informazione e della conoscenza, ma come elemento di novità sul piano biologico e filosofico (si veda l'articolato intervento, di carattere quasi monografico, di Franco Filippazzi e Guido Occhini, *Macchine intelligenti tra utopia e realtà*, "AEI", dicembre 1990, pp. 1117-1136).

La seconda traiettoria è invece riferita alla necessità di una maggiore interazione tra uomo e computer sfruttando tutti i canali sensoriali disponibili in natura. È interessante rilevare che un articolo, ancora di Filippazzi (*Interazione tra l'uomo e il computer*, "AEI", marzo 1990, pp. 191-195), in-

⁸ Ricordiamo che Pier Giorgio Perotto è meritatamente noto per l'innovativo Programma 101, considerato il primo esempio mondiale di Personal Computer.

⁹ In occasione di una delle tante manifestazioni legate allo stesso centenario, John S. Belrose presenta il testo *Fessenden and Marconi: Their Different Technologies and Transatlantic Experiments During the First Decade of this [XXth] Century*, disponibile on line al sito www.ieee.ca/millennium/radio/radio_differences.html. Reginald Fessenden è riconosciuto come l'inventore della radiofonia a modulazione di ampiezza.

¹⁰ L'acronimo FOS sta per Fibre Ottiche Sud, ma allo stesso tempo in greco φως significa "luce".

¹¹ Andrea - poi Andrew - Viterbi ha quattro anni nel 1939 quando lascia l'Italia con i suoi genitori, costretti alla fuga negli USA dalle leggi razziali. Diventa uno dei padri della rivoluzione digitale e, degno erede di Marconi, pioniere delle comunicazioni via satellite e dei cellulari. Sua, fra le tante altre, è l'idea di applicare commercialmente, a partire dal 1985, la versione CDMA (*Code Division Multiple Access*) della tecnologia *Spread Spectrum* alle comunicazioni radiomobili negli USA. Fino allora lo *Spread Spectrum* era impiegato soprattutto in campo militare.

troduce il tatto come elemento di interazione tra l'uomo e la macchina con un semplice puntamento di un dito su un'icona, funzionalità che tutti gli smartphone hanno oggi incorporata.

La televisione, diffusamente trattata a partire dai primi numeri de "L'Elettrotecnica", trova sempre un suo spazio anche in "AEI" grazie ai progressi delle reti a larga banda basate su grandi capacità trasmissive, alle fibre ottiche e ai satelliti. La televisione ad alta definizione (HDTV) rappresenta quindi una nuova frontiera nella trasmissione delle immagini sia per i "broadcaster" sia per gli operatori di telecomunicazioni. Guido Vannucchi ri-

percorre le tappe di questa tecnologia (*Una nuova frontiera nella trasmissione delle immagini: la trasmissione ad alta definizione*, "AEI", febbraio 1991, pp. 133-136), che si basa su protocolli a circuito dedicati. Da lì a poco lo sviluppo di Internet e dei protocolli a pacchetto avvierà un processo di definizione di nuovi standard video di alta qualità con algoritmi di compressione del segnale, uno fra tutti: lo standard MPEG (*Moving Picture Experts Group*), nel quale e per il quale ha svolto un ruolo primario Leonardo Chiariglione (cfr. il suo *Lo standard MPEG e le comunicazioni multimediali*, "AEI", 1998, pp. 277-287).

IL RUOLO DI MARIO BOELLA

Mario Boella nasce a Genova il 31 gennaio 1905. Si laurea al Politecnico di Torino in Ingegneria Industriale, sezione Elettrotecnica, discutendo una tesi sulla sincronizzazione di generatori elettrici nel momento dell'immissione di energia nella rete. Durante il servizio militare come allievo ufficiale in artiglieria da campagna matura esperienze che, in un contesto del tutto diverso e quasi quarant'anni più tardi, gli consentiranno di progettare il cannone in grado di "sparare" sette getti di cesio entro il campione atomico di frequenza.

In seguito porta avanti attività di ricerca e didattica nella Scuola di Elettrotecnica "Galileo Ferraris" di Torino e nell'Istituto di Ricerca della Marina di Livorno. Nel 1933 consegue la libera docenza e trascorre il periodo dal 1929 al 1943 con incarichi di ricerca, didattici e anche operativi presso la Marina, che lascia nel 1945 con il grado di Tenente Colonnello alle Armi Navali.

La sua pluridecennale collaborazione con "Alta Frequenza" incomincia fin dal primo numero del 1932. In particolare, presenta nell'aprile 1934 i risultati *Sul comportamento alle alte frequenze di alcuni tipi di resistenze elevate in uso nei radio-circuiti* (pp. 132-148); dove è data una spiegazione teorica e scientifica a questo comportamento, che prenderà appunto il nome di "Effetto Boella". Il risultato rappresenta una pietra miliare nel campo della progettazione della nascente materia dell'elettronica e del suo passaggio da componentistica a tubi e valvole a quella a stato solido.

L'attenzione di Mario Boella è rivolta anche allo studio nel dominio della frequenza che porta nel corso degli anni '40 alla progettazione di un sintetizzatore di frequenze capace per l'epoca di produrre un elevato valore di frequenze dotate della stessa precisione del segnale di riferimento, come descritto in *Generatore di frequenza campione per misure di alta precisione* ("Alta Frequenza", giugno 1945, pp. 183-194). In una versione successiva sviluppata per l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris (IENGF), il sintetizzatore può generare decadi di frequenze a partire sempre da un unico campione primario. Una sua applicazione circuitale, denominata "Decade di Boella" (si veda la fotografia di figura 3), consente di effettuare le quattro operazioni elementari dell'aritmetica: si

tratta di un contributo ai primi calcolatori numerici.

La necessità di un segnale primario altamente stabile porta Boella a ricercare soluzioni sui risonatori piezoelettrici ottenendo, nel periodo 1955-1965, le derive più performanti al mondo di 10^{-9} /giorno e, in condizioni particolari, anche di alcune unità in 10^{-10} /giorno.

Nel 1945, si trasferisce definitivamente a Torino: lavora all'IENGF come capo del Reparto Comunicazioni e successivamente al Politecnico di Torino. Qui lo aspetta un duro compito: costituire un nuovo Istituto in una disciplina anch'essa nuova, formando una classe di valenti collaboratori in tempi non facili di ricostruzione per l'Università.

Boella sente la comunicazione scientifica come una missione in tutta la sua vita da ricercatore, contribuendo costantemente alla pubblicazione dei risultati delle sue ricerche su "L'Elettrotecnica" e "Alta Frequenza" dagli anni Trenta fino alla fine degli anni Settanta del secolo scorso, con oltre cinquanta articoli, memorie e resoconti.

Nel 2000, a undici anni dalla sua scomparsa, grazie ai suoi collaboratori più stretti - in particolare Rodolfo Zich - nasce a Torino l'Istituto Superiore Mario Boella (ISMB), centro di ricerca di eccellenza sull'ICT, nello spirito e nell'insegnamento, lasciato da Mario Boella: uomo, ingegnere e scienziato.



Figura 3 - Applicazione industriale della "Decade di Boella": sintetizzatore di frequenza Rohde & Schwarz (a. 1965)

La convergenza tecnologica tra il mondo delle telecomunicazioni e dell'informatica è oggetto di una serie di articoli che appaiono su "AEI" a partire da metà anni '80; due sono le tecnologie rilevanti: la prima sviluppatasi a fine Ottocento, la seconda negli anni '60, ma entrambe dedicate all'informazione. La prima ha l'obiettivo di trasmettere e diffondere le informazioni a distanza, la seconda di elaborarle e memorizzarle. Il fenomeno tecnologico di tale convergenza e lo sviluppo della parte immateriale, vale a dire del software, o logico come chiamato da Luigi Dadda (*La rivoluzione tecnologica: il fenomeno, le domande,*

"AEI", marzo 1988, pp. 221-227), pongono una serie di quesiti che abbracciano anche la sfera dell'etica e gli aspetti filosofici. Tali quesiti vengono ulteriormente estesi alla nascente biotecnologia, una scienza che si pone l'obiettivo di comprendere le radici della vita, aprendo la strada alla manipolazione genetica e quindi alla capacità di intervento dell'uomo sulla vita.

Analogamente, in una prospettiva di anticipazione delle attuali ricerche logico-epistemologiche, è interessante e nuovo il contributo *L'affiorare della spiegazione finalistica nelle teorie scientifiche* di Alberto Strumia ("AEI", gennaio 1998, pp. 62-67),

FRANCESCO CARASSA E IL PROGETTO SIRIO (Satellite Italiano di Ricerca Industriale e Operativa)

La validità degli interessi sviluppati, i risultati conseguiti in ambito tanto industriale quanto accademico, nonché gli importanti ruoli ricoperti a favore della ricerca italiana, suggeriscono di considerare unitariamente l'attività di Francesco Carassa, cioè come ricercatore, didatta, uomo di scienza, organizzatore della ricerca anche a livello internazionale. Il suo curriculum ne è una significativa testimonianza: laureato in Ingegneria industriale al Politecnico di Torino nel 1946; direttore dei laboratori di ricerca della Magneti Marelli; professore di comunicazioni elettriche al Politecnico di Milano e rettore dello stesso (1969-1972); alla guida dello CSELT e dell'Italtel (entrambi facenti capo alla Stet, il principale Gruppo italiano di telecomunicazioni fino alla fine del secolo scorso). Svolge un ruolo fondamentale nell'ideazione e nella direzione dell'impresa del satellite italiano SIRIO (Figura 4); è presidente del Consiglio dell'ESA negli anni 1990-1993. Per una panoramica complessiva della sua articolata attività, oltre agli esempi citati nel corpo dell'articolo, si rinvia alla testimonianza di Sigfrido Leschiutta* e al volume *Storia delle comunicazioni* indicato in nota 1: qui ci limitiamo a menzionare il Progetto SIRIO, anche perché emblematico di quella costante ricerca di collaborazione sinergica tra università, industria, istituzioni governative, che ha costantemente caratterizzato la vita lavorativa di Carassa.

"Il 25 agosto del 1977 da Cape Canaveral viene messo in orbita il satellite Sirio. Il progetto ha origine da un'idea del prof. Francesco Carassa, che mirava a realizzare un satellite per la trasmissione a frequenze fino a 18 GHz, una tecnologia che non esisteva a quel tempo in Europa. Il Prof. Carassa è il supervisore scientifico del progetto e conduce la ricerca presso la stazione sperimentale di Spino d'Adda a 30 chilometri a sud-est di Milano e in stazioni più grandi ubicate a Gera Lario e a Fucino. Quest'ultima stazione ospita il terminale principale per il controllo del satellite e per la ricezione di tutti i segnali. All'esperimento partecipano diversi centri di ricerca europei e statunitensi e, più tardi, si aggiunge la Repubblica Popolare Cinese. Tutti i dati provenienti dalle stazioni italiane sono raccolti ed analizzati presso il centro di studi in Telecomunicazioni Spaziali presieduto dal prof. Francesco

*Carassa e diretto dal prof. Guido Tartara. Le attività scientifiche terminano nel 1984"***.

Nell'aprile 1978, "Alta Frequenza" dedica un numero monografico, in inglese, al SIRIO, seguito da tre ulteriori fascicoli speciali - sempre in inglese - per illustrare i risultati delle misurazioni sperimentali (rispettivamente, nel giugno 1979, nel settembre-ottobre 1980 e, per il decennale del lancio, nel gennaio-aprile 1987).

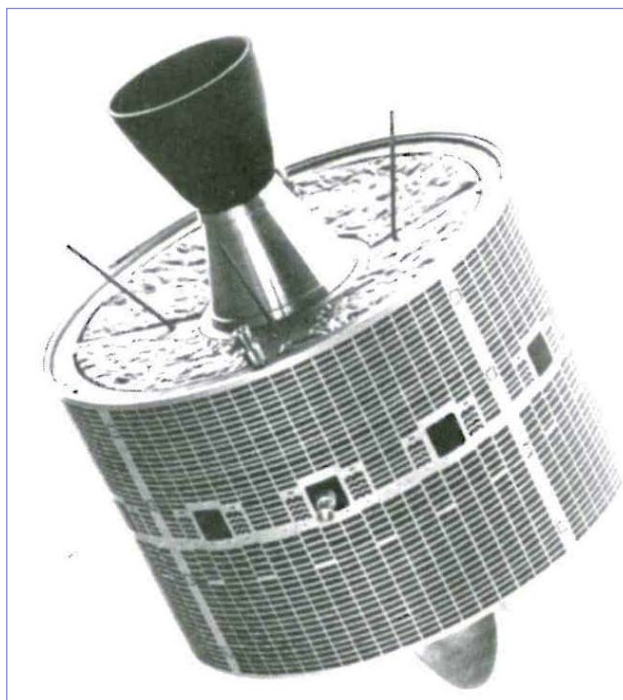


Figura 4 - Il satellite di comunicazioni SIRIO

* Commemorazione di Carassa tenuta da Leschiutta all'Accademia delle Scienze di Torino (14 marzo 2007), e riportata sugli *Atti* 2006-2007 dell'Accademia stessa alle pp. 33-37.

** Testo ripreso da *1977: il satellite Sirio e l'era delle comunicazioni digitali*, disponibile su www.deib.polimi.it/presentazione/storia/index.php?idlang=ita&page=5.

che collega certe formulazioni matematiche - quali il principio variazionale di Lagrange o le strutture dissipative di Ilya Prigogine - a modi di auto-organizzazione di strutture complesse. Al lettore (filosoficamente) attento non sarà sfuggita l'apertura di tipo metafisico, basata su relazioni di somiglianza, forma e informazione. Oggi questo tema epistemologico è rilevante per le formulazioni conosciute nella letteratura informatica come "ontologie formali"; così il lavoro di Strumia (fisico e teologo) può ben rappresentare un esempio di quella interdisciplinarietà cui si accennava all'inizio. Anche il filosofo neorealista Gabriele Ferraris, coniando l'espressione "ontologia del telefonino", ha portato la riflessione gnoseologica sul piano dell'essere (ὄντος) degli oggetti personali mobili, al di là della loro dimensione sociale. A un anno dalla scadenza del centenario della morte di Antonio Meucci (ottobre 1889), "AEI" rende omaggio all'inventore fiorentino con un articolo di Pier Luigi Bargellini (*Un anniversario*, ottobre 1990, p. 929-935), che ripercorre le tappe iniziali del telefono. Ancor più significativo è il contributo di Catania con l'articolo *Alla ricerca della verità su Antonio Meucci e sulla invenzione del telefono* (*ibid.*, pp. 937-943), il quale dà l'avvio a un percorso di investigazione e di raccolta di prove e testimonianze legali e scientifiche che, più di un decennio dopo, nel 2002, porterà la Camera dei Rappresentanti degli Stati Uniti a emettere una risoluzione che riconosce ufficialmente la paternità dell'inventore italiano¹². Eppure, molti esperti, specie negli USA, sembrano tuttora ignorarlo, come dimostra l'articolo storico *STARS: Telephones* di Sheldon Hochheiser¹³ ("Proceedings of the IEEE", maggio 2014, pp. 915-924), che riesce nella poco commendevole impresa di non citare mai Meucci pur in dieci dense pagine riccamente illustrate, in cui menziona, peraltro, il francese Charles Boursel (1854) e il tedesco Philip Reis (1861), oltre, beninteso, a Alexander Graham Bell.

Conclusioni

In collaborazione con altre testate europee, nel 1990 "Alta Frequenza" dà origine (cfr. la già citata figura 1) alle "European Transactions on Telecommunications" ("ETT") - che nel 2013 diventeranno "Transactions on Emerging Telecommunications Technologies" - per garantire una diffusione internazionale a temi di ricerca e d'avanguardia in tutti i settori delle telecomunicazioni. Dal 2004 la testata di "ETT" è rilevata dall'editore John Wiley & Sons.

È anche da ricordare il contributo dell'AICT (Associazione per l'ICT) di AEIT alla nascita (mar-

zo 2002), e allo sviluppo, di "Mondo Digitale - Rassegna critica del settore ICT", rivista ufficiale dall'AICA (Associazione Italiana per l'Informatica e il Calcolo Automatico). La pubblicazione, ricca di contributi a carattere generalmente (ma non esclusivamente) di rassegna, legati al vasto campo dell'ICT, si prefigge l'obiettivo di fare il punto sui temi emergenti e di più ampio interesse dell'ICT¹⁴.

In parallelo, la rivista ufficiale dell'Associazione, nelle sue varie denominazioni ("AEIT" dal 2005), continua a proporre argomenti di informatica e telecomunicazioni - dall'intelligenza artificiale alla robotica, dalle fibre ottiche ai sistemi mobili - con un approccio sostanzialmente comunicativo adatto al pubblico dei suoi lettori e associati, offrendo pagine che sanno coniugare agilità di lettura con solidità di impianto scientifico. Un esempio è fornito dal numero recentissimo (marzo 2014) interamente dedicato agli aspetti di tecnologia, architettura, applicazioni, mercato e regolamentazione delle comunicazioni mobili. L'aggiornamento di "AEIT" è costante con focus o numeri monografici su argomenti d'avanguardia quali: domotica, cybersicurezza, Smart City, *Internet of Things*, *Cloud Computing*, Smart Grid, Big Data, ecc., molti dei quali prevedono una crescente sinergia con la componente "scienza elettrica". In conclusione, ci sembra di poter affermare, senza retorica alcuna, che il ruolo dell'AEI/AEIT nella diffusione delle conoscenze e dei risultati ICT, documentato dalle riviste citate - "L'Elettrotecnica" con tutte le sue germinazioni - merita di essere ancor oggi riconosciuto e apprezzato dalla comunità accademica, dai tecnici, dagli operatori economici, dalla società civile. Un ruolo tecnico-scientifico, non dimentichiamolo, sempre svolto con autorevolezza e continuità sia nel secolo trascorso sia - e questo è l'auspicio - in un futuro di ancor più lunga durata.

¹² Abbiamo qui compendiato in poche righe una vicenda alla quale Catania ha dedicato migliaia di pagine, frutto di acribia scientifica e decenni di ricerche.

¹³ Sheldon Hochheiser è *Archivist and Institutional Historian at the IEEE History Center*.

¹⁴ Nei primi dieci anni, "Mondo Digitale" è pubblicato sia su carta sia on line, diventando disponibile dal 2012 unicamente on line. Il sito di riferimento è <http://mondodigitale.aicanet.net/ultimo/index.xml>.

Gli autori desiderano ringraziare la rag.ra Franca Chiusi, dalla cui sicura memoria su fatti o vicende riguardanti l'Associazione (e le pubblicazioni a essa collegate) hanno tratto grande giovamento nel contestualizzare l'articolo.

SOCIETÀ NAZIONALE

DELLE

OFFICINE DI SAVIGLIANO

Direzione, Via Genova, - TORINO - Officine in Savigliano e Torino

Motori - Dinamo - Alternatori
Trasformatori - Quadri di distribuzione
.. .. Impianti elettrici completi



Materiale per trazione
elettrica.. ..

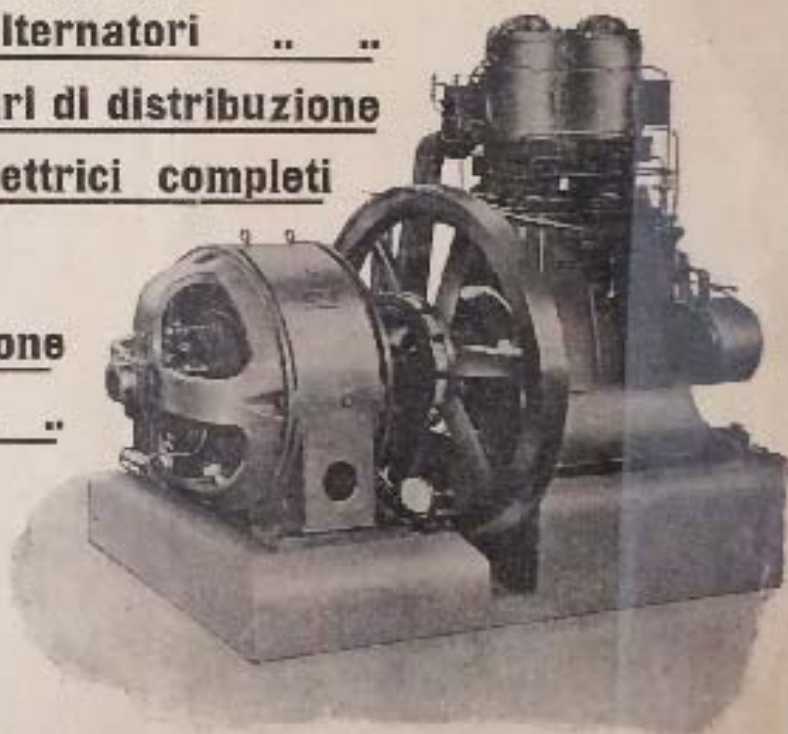
Costruzioni :

Meccaniche

Elettromeccaniche

Metalliche

Materiale fisso e mobile
per Ferrovie e Tramvie



Gruppo Motore Diesel - Dinamo a corrente continua.

Rappresentanti a :



VENEZIA	Sedire San Marco - Calle Tragheto 4215.
MILANO	Ing. Lanza & C. - Via Senato, 28.
GENOVA	A. N. Perruso & C. - Via Caffaro, 17.
ROMA	Ing. G. Garattini - Via Sommarampagos, 15.
NAPOLI	Ingg. Pomicino & Angevino - Via Medina, 61.
MESSINA	Ing. G. Tuziani - Zona Agrumaria.
TRIPOLI	Ing. A. Cazzanese - Milano, Via Vincenzo Monti, 11.
PARIGI	Ing. J. Mayer - Boulevard Hausmann, 17 (Francia e Colonia)



Zibaldone di pensieri sull'evoluzione storica dell'Automatica

Sergio Bittanti *Politecnico di Milano*

Sono qui raccolti alcuni pensieri sulle principali vicende che hanno scandito lo sviluppo dell'Automatica, una raccolta di riflessioni personali dell'autore sull'evoluzione storica della disciplina, da Maxwell a Kalman, fino ai nostri giorni

Sono qui raccolti alcuni pensieri sulle principali vicende che hanno scandito lo sviluppo dell'Automatica, con particolare riferimento agli eventi che si sono svolti o sono stati organizzati in Italia. Non si tratta certo della "storia ufficiale" del settore, ma solo di una raccolta di riflessioni personali. Chi scrive ha avuto un doppio privilegio: da un lato quello di poter vivere in prima persona alcuni di questi eventi, di cui è quindi "testimone oculare", e, dall'altro, di aver potuto incontrare molti validissimi studiosi del settore, alcuni dei quali non sono più con noi. Nello stendere queste note, auspico di essere stato fedele interprete del loro pensiero e dei loro intendimenti. Ai nostri predecessori ci accomuna il fine principale della nostra azione, quello di far crescere una valida scuola, nel segno del celebre motto leonardesco "triste il maestro che non ha allievi migliori di lui".

James Maxwell, il regolatore e gli anelli di Saturno

Molti sono gli ingegnosi sistemi di controllo automatico concepiti dall'uomo. Vorremmo qui soffermarci sul *regolatore centrifugo*, o *regolatore di Watt* (Figura 1), che è diventato una sorta di icona

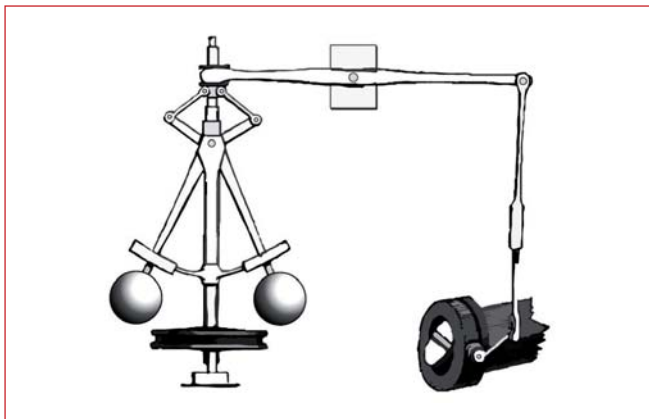
dell'Automatica, tanto da essere stato adottato come marchio distintivo da diversi istituti di ricerca nel settore e da venire riprodotto sulle copertine di molti libri. Il regolatore risale ai tempi della rivoluzione industriale del 1700, quando presero a svilupparsi le macchine a vapore; un problema cruciale era allora quello di mantenere costante la velocità di rotazione dell'albero motore nonostante i molti disturbi. A tale scopo fu realizzato un dispositivo consistente in una sorta di compasso ad apertura variabile, il cui asse di rotazione era cassetto sull'albero della macchina da regolare. All'estremità del compasso erano collocate due sferette, cosicché, quando - ad esempio - la velocità di rotazione era eccessiva, la forza centrifuga sulle sferette ampliava l'apertura del compasso; corrispondentemente, tramite un opportuno levismo, questa variazione si rifletteva sulla portata del vapore, e quindi sulla velocità di rotazione dell'albero, riportandola a valori accettabili.

Alle volte, pur essendo equipaggiate con il regolatore centrifugo, le macchine a vapore presentavano malfunzionamenti con pericolose instabilità. Verso la metà dell'Ottocento, questi fenomeni attirarono l'attenzione di James C. Maxwell (1831-1879), il grande fisico del secolo XIX (Figura 2). Nato in Scozia, a Edimburgo, si iscrisse all'Università della sua città nel 1847, per poi trasferirsi all'Università di Cambridge nel 1850. Nel 1868, Maxwell scrisse le sue riflessioni sul regolatore centrifugo, e, più in generale, sui dispositivi a cui è demandato il compito di governare un sistema, in un articolo dal titolo lapidario *On governors*. Pubblicato nei *Proceedings della Royal Society*, l'articolo aveva questo inizio: "A governor is a part of a machine by means of which the velocity of the machine [...] is kept nearly uniform, not with standing variations in the driving power or the resistance. Most governors depend on the centrifugal force of a piece connected with a shaft of the machine. When the velocity increases, this force increases, and either increases the pressure of the piece against a surface or moves the piece, and

so acts on a break or a valve”.

Più avanti si legge: “I propose [...] to direct the attention of engineers and mathematicians to the dynamical theory of such governors. It will be seen that the motion of a machine with its governor consists in general of a uniform motion, combined with a disturbance which may be expressed as the sum of several component motion. These components may be of four different kinds:

- the disturbance may continually increase;
- it may continually diminish;
- it may be an oscillation of continually increasing amplitude;



▲ **Figura 1**

Il regolatore centrifugo di Watt

- it may be an oscillation with continually decreasing amplitude.

The first and the third cases are evidently inconsistent with the stability of the motion, and the second and fourth alone are admissible in a good governor. This condition is mathematically equivalent to the condition that all the possible roots, and all the possible parts, of the impossible roots of a certain equation shall be negative”.

Maxwell si riferisce qui a quella che chiamiamo oggi “equazione caratteristica” (a certain equation) e usa il termine “radici impossibili” (impossible roots) per indicare le radici complesse dell’equazione. Questo brano evidenzia che l’importanza della posizione nel piano complesso delle radici dell’equazione caratteristica (reali o complesse che siano) nel determinare la forma dei transitori era ben chiara all’autore.

Maxwell fu in grado di studiare le radici di equazioni caratteristiche fino al terzo grado, e formulò l’auspicio che qualche matematico risolvesse il caso generale. Questo invito può essere considerato come la scintilla da cui ebbero origine gli studi sul cosiddetto *criterio di Routh-Hurwitz*.

Il lavoro di Maxwell suscitò l’interesse della *Royal Academy*, che decise di destinare un premio (della serie di riconoscimenti denominati

Adams Prize) a studi sulla stabilità del moto, invitando Maxwell stesso a far parte della commissione giudicatrice. Il premio andò a un saggio in cui si presentava un metodo che permetteva il calcolo del numero di radici dell’equazione caratteristica a parte reale non-negativa, senza risolvere l’equazione stessa, bensì analizzando i valori assunti dai parametri di una opportuna tabella, costruita con regole elementari a partire dai coefficienti dell’equazione. Era il 1876, e l’autore del saggio era Edward J. Routh (1831-1907), docente anch’egli all’Università di Cambridge.



▲ **Figura 2**

James C. Maxwell

In realtà si può ben dire che Maxwell e Routh ebbero due destini incrociati, fin dal tempo dei loro studi universitari a Cambridge. In quell’università, era d’uso sottoporre gli allievi a una prova molto selettiva, una sorta di “competizione dei bravissimi”, denominata *Mathematical Tripos*. I primi classificati in questa competizione venivano inclusi in una lista nota come *Wrangler list*. Essere inseriti in questa lista era un segno distintivo, e anche un prestigioso biglietto da visita per future occupazioni (non necessariamente universitarie, né unicamente di tipo scientifico, ad es. per concorsi di giudice di tribunale). La classificazione ottenuta in queste prove era indicata con sigle sintetiche, ad esempio 7W 1893 indicava chi si era classificato in settima posizione nei *Tripos* del 1893, mentre 12W 1905 stava per il dodicesimo classificato del 1905 (per la precisione, si trattava rispettivamente di Bertrand Russell e di Lord Keynes). Maxwell era un 2W 1854, cioè nel 1854 si classificò al secondo posto. Lasciamo indovinare al nostro lettore chi potesse essere il primo classificato di quell’annata, vale a dire 1W 1854: era il coetaneo Edward J. Routh.

Una seconda analogia tra i due riguarda il premio Adams, che, come già detto, fu assegnato a Routh nel 1876 per il suo saggio sulla condizione neces-

saria e sufficiente perché un polinomio avesse tutte le radici con parte reale negativa. Circa vent'anni prima, precisamente nel 1855, lo stesso premio era andato a Maxwell (allora ventiquattrenne) per il suo saggio sugli anelli di Saturno (*On the Stability of the Motion of Saturn's Rings*) (Figura 3). In quel famoso saggio, oggi disponibile liberamente in Internet, Maxwell si chiedeva quale fosse la costituzione degli anelli del grande pianeta, osservati già da Galileo Galilei con il suo telescopio. Per trovare una risposta scientificamente valida, Maxwell esplorò diverse possibilità, ognuna delle quali associata a una congettura formulata come ipotesi di lavoro: i) gli anelli sono costituiti da un unico corpo rigido, ii) si tratta di un anello gassoso, iii) si tratta di ammassi di frammenti rocciosi. A partire da ciascuna di queste ipotesi, l'autore costruì il modello matematico corrispondente utilizzando la legge di gravitazione universale di Newton. Quale tra i modelli ipotizzati era in accordo con la natura, o per lo meno non in disaccordo con essa? A sua volta questa domanda ne evocava un'altra, ancor più fondamentale: con quale logica si poteva fondare un confronto tra modello e realtà naturale? L'idea vincente di Maxwell fu di far riferimento al concetto di stabilità come ponte tra astrazione e realtà. Con la loro permanenza in essere da milioni di anni, gli anelli di Saturno non potevano che corrispondere a una condizione stabile nell'universo. Dunque, se in un dato modello si fosse riscontrata instabilità, allora l'ipotesi iniziale su cui quel modello era basato non poteva che essere rigettata. Se invece il modello ottenuto era stabile, allora l'ipotesi di partenza non era falsificata, e il modello avrebbe potuto essere una descrizione corretta del reale. Maxwell giunse così alla conclusione che l'unica ipotesi verosimile era che gli anelli dovessero essere formati da rocce in frammenti; infatti, i modelli ottenuti nelle altre ipotesi erano instabili. Così la nozione di stabilità fungeva da anello di congiunzione tra astrazione e natura.

Ma torniamo alla vicenda dello studio delle radici dell'equazione caratteristica, che non era ancora conclusa. Infatti, nel 1894, circa vent'anni dopo il contributo di Routh, il matematico svizzero Adolf Hurwitz (1859-1916), influenzato dagli studi di Aurel B. Stodola (1859-1942), un ingegnere slovacco, che, come lui, era docente al Politecnico di Zurigo, prese ad analizzare il medesimo problema. Del tutto ignaro dei precedenti studi, ricavò un criterio di stabilità basato su una tabella diversa da quella di Routh. Nasceva così il *criterio di Routh-Hurwitz*, destinato a essere insegnato in tutti i corsi di Automatica del mondo, e non solo in quelli. A proposito di destini incrociati, è curioso notare che, così come Maxwell e Routh erano coetanei, anche Stodola e Hurwitz lo erano. Inoltre, Maxwell era stato

il suggeritore del problema poi affrontato e risolto da Routh. In modo analogo, Stodola aveva proposto una famosa condizione necessaria di stabilità, che richiede che tutti i coefficienti del polinomio caratteristico abbiano identico segno. Fu appunto dagli studi di Stodola che Hurwitz prese spunto per la sua analisi.

Concludiamo questo paragrafo con un'ultima osservazione sul profondo contributo di James C. Maxwell all'Automatica. Da un lato, con le riflessioni esposte nell'articolo *On governors*, Maxwell poneva in luce il fondamentale ruolo dei controllori come elementi di governo atti a garantire il buon funzionamento di un processo. Dall'altro, con il saggio *On the Stability of the Motion of Saturn's Rings*, metteva in luce la potenza dell'approccio basato su modello nello studio dei fenomeni naturali. Se si considerano poi i fondamentali contributi di Maxwell in parecchi rami della fisica del tempo, si comprende perché siano in molti a ritenere che sia stato il maggiore fisico dell'Ottocento. Non a caso, nella commemorazione per il centenario della sua nascita, Albert Einstein lo descrisse con queste parole *"the most profound and the most fruitful scientist that physics has experienced since the time of Newton"*. Chi scrive si è chiesto spesso quali altri contributi Maxwell avrebbe potuto dare alla scienza se un tumore non lo avesse sottratto alla vita a soli 48 anni.

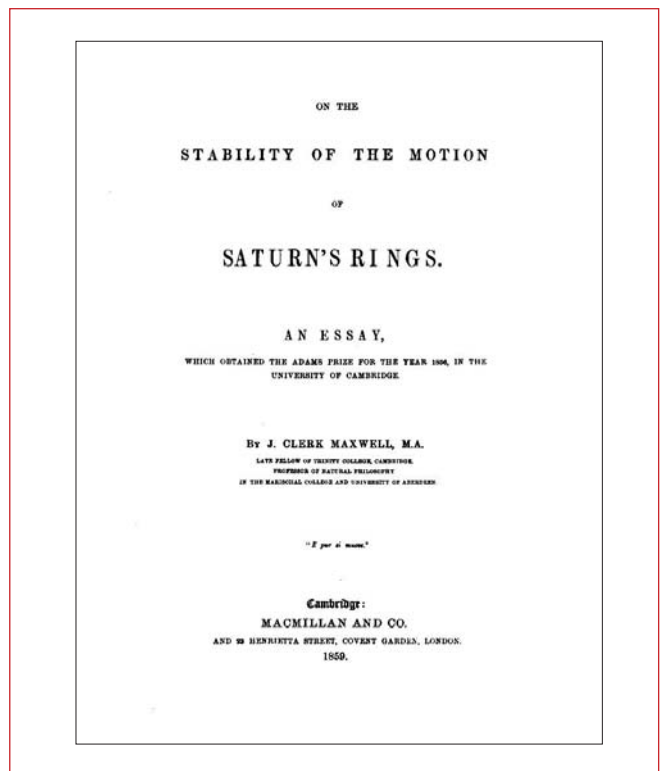


Figura 3
Frontespizio del saggio di Maxwell sugli anelli di Saturno (1859)

Gli anni Quaranta del XX secolo: servomeccanismi e cibernetica

Il ventesimo secolo è stato contrassegnato da straordinarie innovazioni ingegneristiche, in particolare il volo e l'elettricità, che hanno profondamente modificato il nostro modo di vivere¹.

Qui vorremmo soffermarci molto brevemente sul volo, richiamando che i primi esperimenti dei fratelli Wilburn e Orville Wright mettevano in luce il dualismo tra stabilità e manovrabilità di un velivolo, nel senso che velivoli prossimi all'instabilità sono più manovrabili; d'altra parte, in tali condizioni, il controllo può essere fatto solo in modo automatico con opportuni sistemi di controllo.

Alcuni tra i principali eventi che hanno contrassegnato le conquiste del volo possono essere così riassunti: 1901, fratelli Wright; 1912, autopilota Sperry; 1947, traversata dell'Atlantico di un aereo senza pilota; 1957, Sputnik; 1969, Apollo; 1997, Mars Pathfinder.

Il periodo su cui vogliamo soffermarci ora è quello degli anni Quaranta, quando divenne sempre più pressante l'esigenza di controllare posizione, velocità e forza di sistemi meccanici operanti in contesti diversi. Nascevano così i meccanismi intelligenti, o meccanismi asserviti, o, semplicemente, *servomeccanismi*. Questi studi possono essere visti come antesignani delle odierne ricerche in mecatronica e robotica.

Una rilevante tappa del periodo emergente dei "servo" fu segnata dalla pubblicazione, nel 1942, del volume *Theory of Servomechanisms*, a cura di Hubert M. James, Nathaniel B. Nichols e Ralph S. Phillips. Si noti che James era un docente di fisica (alla *Purdue University*), Nichols uno strumentista (della *Taylor Instrument Company*), mentre Phillips era un docente di matematica (presso la *University of Southern California*). Il libro era quindi frutto di una collaborazione trans-disciplinare, che coinvolgeva studiosi con competenze assai diverse, circostanza questa che si sarebbe poi frequentemente ripetuta nel campo della scienza e tecnologia dei sistemi di controllo.

Con l'approssimarsi della seconda guerra mondiale, divenne cruciale il cosiddetto *AA servo problem*, dove AA sta per Anti-Aircraft. Si trattava di stimare in anticipo il punto in cui si sarebbe trovato un aereo al momento dell'impatto con un proiettile lanciato da una contraerea a terra o da un altro aereo in volo. A questo fine si presentava un duplice e peculiare problema di predizione, da un lato quello del moto del velivolo, dall'altro quello del moto del proiettile, con l'obiettivo di far coincidere i punti in cui si sarebbero trovati in un istante futuro. Per questo il *National Defense Re-*

search Committee (NDRC) statunitense stipulò un contratto di ricerca con il Massachusetts Institute of Technology (MIT) dal titolo *General mathematical theory of prediction and applications* avente come responsabile Norbert Wiener (1894-1964). Il rapporto finale dello studio è il celebre *NDRC Report of the Services 370* dal titolo *Extrapolation, Interpolation, and Smoothing of Stationary Time Series with Engineering Applications*, rapporto che fu scherzosamente denominato il "pericolo giallo", sia per il colore della copertina, sia per la difficoltà di comprensione del testo. Considerato *top secret* durante la guerra, il rapporto fu pubblicato da MIT Press nel 1949.

Nel frattempo, Wiener aveva approfondito i suoi studi sui sistemi di regolazione e, nel 1948, pubblicò il libro *Cybernetics*. Il termine *cibernetica*, che deriva dalla parola greca che sta a indicare l'atto di guida di una nave mediante l'azionamento del timone, era già stato usato nel 1834 da André-Marie Ampère (1775-1836), nella versione francese *cybernetique*. Wiener (come attesta il significativo sottotitolo: *Cybernetics, or the control and communication in the animal and in the machine*) tendeva ad accomunare i problemi di controllo delle macchine a quelli che s'incontrano nel mondo animale, secondo un'osservazione profonda, che si collega agli studi sui sistemi a molti agenti, oggetto d'intensa attività di ricerca ai nostri giorni. Non a caso, nel corso del diciannovesimo *IFAC World Congress*, che si terrà a breve a Città del Capo, vi sarà una lezione plenaria, tenuta da Naomi Leonard, dell'Università di Princeton, dal titolo *Coordinated control of multi-agent systems: lessons from the animal behaviour*. La questione base affrontata in questi studi è la seguente: quali sono le opportune decisioni individuali che portano a una buona performance complessiva del gruppo di individui?

È da sottolineare che nel titolo del sopra-citato contratto stipulato da NDRC con MIT si parla di *mathematical theory of prediction*, introducendo nell'ingegneria una nuova parola chiave, *predizione*, e si fa riferimento allo sviluppo di "una teoria matematica", cioè di una teoria rigorosa e affidabile.

Negli anni Quaranta, la teoria della predizione fu oggetto di studi approfonditi anche in Unione Sovietica. In particolare da parte di Andrej N. Kolmogorov (1903-1987), un matematico che lavorava all'Università di Mosca. Tra i molti meriti di Kolmogorov, va annoverato il libro *Concetti Fondamentali di Calcolo della Probabilità*, pubblicato

¹ Per quello che riguarda l'elettricità, rimandiamo al volume *Storia della Tecnica Elettrica*, a cura di V. Cantoni e A. Silvestri (Cisalpino, 2009).

nel 1933, dove la probabilità fu posta su solide basi matematiche. In modo del tutto indipendente, Kolmogorov sviluppò la teoria della predizione per i processi casuali stazionari. Non a caso, la teoria della predizione con modelli ingresso-uscita che si studia oggi in molte università prende il nome di *predizione alla Kolmogorov-Wiener*. Da quei giorni, i concetti base di probabilità entrarono a far parte del patrimonio dell'ingegneria².

Nella seconda metà del XX secolo, l'impiego di strumenti di modellistica matematica divenne sempre più diffuso, portando alla ribalta il termine *model based control*. Dal problema reale si passa al mondo astratto tramite un modello matematico, ad esempio un sistema di equazioni differenziali. Grazie ad esso, con tecniche di progetto astratte, si ricava il modello del controllore, modello che viene poi implementato tecnologicamente mediante dispositivi vari, per esempio con un computer interfacciato al processo. Questo modo di ragionare è sintetizzato in figura 4.

Naturalmente, l'approccio è valido nella misura in cui il modello è accurato. La determinazione di un'adeguata descrizione di un processo è perciò un aspetto cruciale in Automatica (e, ovviamente, in tutte le scienze). Non a caso, un fiorente campo di studio e di ricerca nel settore riguarda la stima di parametri incerti o, secondo l'approccio a *scatola nera*, la messa a punto dell'intero modello direttamente da dati sperimentali (identificazione). Peraltro, non esiste il modello perfetto, poiché nessuna modellazione può essere esente da errore. Tuttavia, come dice George Box, *"tutti i modelli sono sbagliati, ma qualcuno è utile"*.

Ad ogni modo, una volta che sia stata superata la fase iniziale di modellistica, il progetto si sviluppa di norma in ambiente astratto, e la teoria del controllo appare come uno strumento analitico-matematico. Questo modo di procedere, che si ravvisa in diversi settori dell'ingegneria moderna, richiama alcune pagine di Italo Calvino (1923-

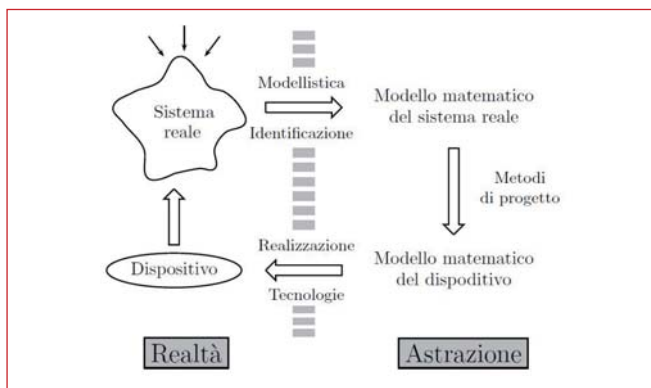
1985), che, nelle sue *Lezioni americane-sei proposte per il prossimo millennio*, pubblicate postume nel 1988, scriveva: *"La seconda rivoluzione industriale non si presenta come la prima con immagini schiacciati quali presse di laminatoi; o colate d'acciaio, ma come i bits d'un flusso di informazione che corre sui circuiti sotto forma d'impulsi elettrici. Le macchine di ferro ci sono sempre, ma obbediscono ai bit senza peso"*.

1956: il Big Bang

Se si vuole fissare un anno di nascita dell'Automatica moderna, questo è, a mio parere, il 1956, anno in cui ebbero luogo alcuni memorabili eventi.

Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo (Milano, 8-13 aprile)

Negli anni che vanno dal 1951 al 1956, il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) organizzò annualmente una serie di encomiabili iniziative, denominate *Giornate della Scienza*, durante le quali si discutevano argomenti di grande attualità, con un congresso per esperti del settore, e, nel contempo, una mostra rivolta al grande pubblico. Questi eventi si svolgevano al Museo della Scienza e della Tecnica (ora Museo della Scienza e della Tecnologia) di Milano nel mese di aprile, contrassegnato da visitatori italiani e non per la cosiddetta *Fiera Campionaria*. Questa fiera, simbolo della laboriosità di Milano, era una vastissima esposizione-mercato di prodotti provenienti da varie nazioni. Tenuta per la prima volta nel 1920, a far data dal 1925 la fiera era ospitata in un complesso di edifici espositivi cui si accedeva da piazza Giulio Cesare. La massima affluenza di pubblico si ebbe negli anni 1956-1965, con oltre 4 milioni di visitatori per edizione. Un cambiamento epocale si ebbe nei primi anni duemila, in seguito alla nascita del nuovo polo espositivo di Fiera Milano Rho. A partire dal 2006, i vari edifici della Fiera furono abbattuti e al loro posto vi è ora un complesso residenziale denominato *CityLife*. Della "vecchia Fiera", l'unico palazzo superstite è il padiglione 17, edificato nel 1961 come *padiglione dell'agricoltura*, e successivamente adibito a centro congressuale. Nel periodo della demolizione degli altri edifici, si diede avvio all'ampliamento di tale padiglione con la costruzione (negli anni 2002-2005) di nuovi edifici nei suoi immediati dintorni, dando così luogo a uno dei maggiori centri congressuali del mondo. Il centro congressi venne poi ulteriormente ampliato con l'inclusione di parte del complesso del Portello. Dal 2011, tale centro, precedentemente denominato *Mic*, ha preso il nome di *MiCo* (acronimo per *Milano Congressi*). Di esso parleremo nuovamente a breve.



▲ **Figura 4**

L'ingegneria oggi: dalla realtà all'astrazione e ritorno (schema concettuale concepito da Guido O. Guardabassi)

Ma torniamo alle *Giornate della Scienza* del CNR, per segnalare che, nel 1956, anno della trentaquattresima Fiera Campionaria (12-27 aprile), tali giornate furono dedicate agli *automatismi*. Precisamente, dall'8 al 13 aprile, si tennero il *Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo* e l'annessa *Mostra Internazionale dell'Automatismo*, entrambi al Museo della Scienza e della Tecnica. Al convegno presero parte ben 1.061 delegati provenienti da 18 nazioni (922 gli italiani). Le memorie presentate al Convegno vennero pubblicate, due anni dopo, in tre volumi, dal CNR stesso.

Questi atti sono molto curati. Quasi tutti gli articoli sono scritti in una delle seguenti quattro lingue: francese, inglese, italiano, tedesco. Al loro inizio vi è un riassunto nella lingua in cui è scritto l'articolo stesso, mentre alla fine si trovano i riassunti nelle altre tre lingue. Vi è anche un articolo in russo, di Yakov Tsyarkin (il cui cognome viene qui riportato come Cypkin); questo articolo è immediatamente seguito dalla sua traduzione completa in inglese al termine della quale si trovano i riassunti in francese, tedesco e italiano.

In totale si annoverano 270 articoli. All'inizio del primo volume vi è l'elenco completo dei congressisti, mentre alla fine del terzo si trova l'elenco degli autori con il titolo dell'intervento.

Quanto alla mostra, dagli articoli che si possono leggere sul "Corriere della Sera" di allora si stima che abbia avuto oltre diecimila visitatori.

Il Convegno fu aperto da Gustavo Colonnetti, il primo presidente del CNR dopo la guerra, e fu onorato dalla presenza di molte autorità tra cui il Presidente della Repubblica di allora, Giovanni Gronchi.

Congrès International de l'Automatique (Parigi, 18-24 giugno)

Il *Congrès International de l'Automatique* si tenne al *Conservatoire National des Arts et Métiers* di Parigi dal 18 al 24 giugno. Furono presentati 88 articoli scritti da 101 autori, per lo più francesi.

Si noti che, nel 1956, l'editore *Dunod* diede avvio alla pubblicazione di una rivista interamente dedicata ai controlli, dal titolo *Automatisme*. Tra l'altro, in uno dei primi numeri di questa rivista, il numero 7 del luglio 1956, si trova una nota dal titolo *Le Congrès International de l'Automatique de Paris*. All'inizio della nota si legge: "Pendant près d'une

*semaine, un millier de Congressistes réunis au Conservatoire des Arts et Métiers, ont écouté une centaine de conférencières exposer les divers aspects de l'automatisme"*³.

È interessante notare i termini che qui ricorrono: da un lato *Automatique* (denominazione del Congrès), dall'altro *Automatisme* (titolo della rivista). In effetti, a quei tempi, quest'ultimo termine ebbe notevole risonanza; basti pensare al titolo del congresso di Milano. Ma, a lungo andare, la parola *Automatica* divenne prevalente.

A proposito di terminologia, notiamo che, sul frontespizio degli atti del Congrès, il titolo in francese è seguito dall'equivalente in inglese: *International Automation Congress*. Sul frontespizio degli atti del Convegno di Milano compare solo il titolo in italiano, ma, sul retro del frontespizio, si trovano le traduzioni in francese, inglese e tedesco. Curiosamente, nonostante che *Automatismo* derivi proprio dal francese, il titolo in francese è *Symposium International sur les Problèmes de l'Automation*. Quanto ai titoli in inglese e tedesco, si legge: *International Symposium on Problems of Automation*, e *Internationales Symposium Uber Probleme der Automation*, rispettivamente.

Convegno AEI su Regolazione Automatica e Servomeccanismi (Trieste, 16-21 settembre)

Oltre alle tre conferenze sopra menzionate, nel 1956 vi fu un evento, di carattere nazionale, molto interessante. Si tratta della cinquantesima riunione annuale della Associazione Elettrotecnica Italiana (AEI), che si svolse nelle aule dell'Università di Trieste dal 16 al 21 settembre, sul tema *Regolazione Automatica e Servomeccanismi*. Consultando gli atti di questo convegno, si nota una folta partecipazione delle migliori menti del mondo dell'ingegneria italiana di quei giorni. Vi sono 102 memorie distribuite sui seguenti temi: Parte I: Teoria della Regolazione, Parte II: Elementi e componenti di un complesso di regolazione automatica, Parte III: Regolatori e complessi di regolazione; Parte IV: Applicazioni. È significativo osservare che, oltre ai 108 autori delle memorie, vi furono 80 "interlocutori". Vi era infatti la prassi che ogni lavoro venisse commentato da uno o più interlocutori; tali commenti sono ordinatamente riportati sugli atti, insieme con le risposte degli autori. In totale, vi furono ben 500 partecipanti.

Tagung Regelungstechnik (Heidelberg, 25-29 settembre)

In settembre, nella *Neue Aula* dell'Università di Heidelberg, si tenne la *Tagung Regelungstechnik* (con versione inglese del titolo riportata sugli atti: *Conference on Control Technique*). Vi presero parte 772

² Per una concisa biografia di Kolmogorov, si suggerisce la nota *Kolmogorov, non solo probabilità*, pubblicata poco dopo la sua morte nel volume 244, dicembre 1998, de "Le Scienze".

³ Per la storia dell'automatica in Francia, si suggerisce il libro *Histoire de l'automatique en France 1850-1950* di Patrice Remaud pubblicato da Hermes-Lavoisier nel 2007.

studiosi, di cui 569 tedeschi, provenienti da 18 nazioni. Nel corso di questo congresso, un gruppetto di lungimiranti scienziati si riunirono per comporre un conciso manifesto, denominato molto sinteticamente *Resolution*, dove si leggeva quanto segue:

Resolution

The following undersigned are in favor of an international union of Automatic Control and are prepared to work toward this end in our own country.

This union will have the following aims

1. *To facilitate the interchange of information in Automatic Control and to advance this field*
2. *To organize international congresses in Automatic Control*

Heidelberg, 27 sept. 1956

Seguivano le firme di 30 scienziati di questi Paesi: Austria, Belgio, Danimarca, Francia, Germania Occidentale, Germania Orientale, Gran Bretagna, Italia, Jugoslavia, Norvegia, Olanda, Polonia, Stati Uniti, Svezia, Unione Sovietica. Tra i firmatari, Giuseppe Evangelisti (1903-1981), docente di idraulica all'Università di Bologna, cultore dei sistemi di regolazione delle turbine idrauliche.

La *Resolution* è l'atto di concepimento dell'IFAC (*International Federation of Automatic Control*), la cui nascita ufficiale risale all'anno successivo, quando, a Parigi, si tenne la riunione costituente della Federazione. Era l'11 settembre 1957.

La costituzione che fu allora redatta ha avuto alcune modifiche negli anni, e la versione attuale può essere letta sul sito web dell'IFAC. Fin dal suo concepimento, IFAC venne intesa come un'associazione di nazioni (un po' come l'ONU), ciascuna rappresentata da un ente nazionale denominato *National Member Organization* (NMO). Per l'Italia, tale ente è il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

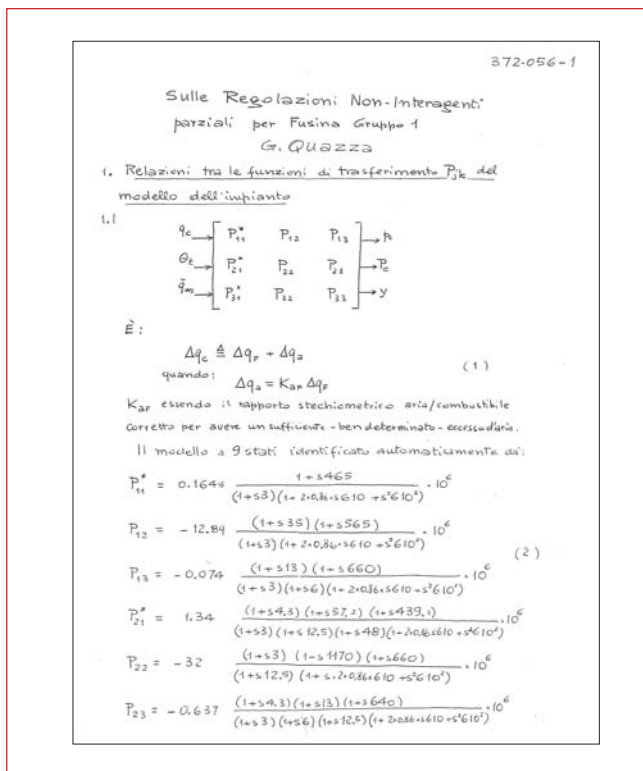
Uno dei due obiettivi posti nella *Resolution*, ribadito nella costituzione IFAC, era l'organizzazione di congressi nel campo dei controlli automatici. A quasi sessant'anni di distanza, si può ben dire che, alla luce della gran varietà di eventi IFAC in tantissimi paesi, quell'obiettivo sia stato ampiamente perseguito.

Tra le conferenze IFAC, spicca il congresso mondiale (*IFAC World Congress*). Organizzato con cadenza triennale, questo è l'evento di maggior prestigio e di maggior richiamo in ambito IFAC, e certo uno dei congressi più significativi dell'intero spettro di iniziative nel campo dell'Automatica. Nell'anno in cui si tiene il Congresso, non hanno luogo altri eventi IFAC, in modo da favorire la più ampia partecipazione di cultori dell'Automatica in ogni settore di studi, teorici o applicativi. *IFAC World Congress* si tenne per la prima volta a Mo-

sca nell'estate del 1960, e, in seguito, come già detto con cadenza triennale, a Basilea, Londra, Varsavia, Parigi, Boston, Helsinki, Kyoto, Budapest, Monaco, Tallinn, Sydney, San Francisco, Pechino, Barcellona, Praga, Seul. Cinquantun anni dopo il Congresso di Mosca, il diciottesimo congresso mondiale si è tenuto per la prima volta in Italia, precisamente a Milano, dal 28 agosto al 2 settembre 2011. Ma di questo parleremo più diffusamente nel seguito.

Contributo di alcuni studiosi italiani

Gli eventi menzionati in precedenza si prestano a tratteggiare il contributo di alcuni colleghi italiani che svolsero un ruolo pionieristico in quegli anni. Per seguire lo sviluppo della nascente federazione dei controlli automatici, il CNR istituì una Commissione per l'Automazione, con Evangelisti come presidente e con Algeri Marino, un generale del Genio Aeronautico docente di Comunicazioni Elettriche all'Università di Roma, come membro. Evangelisti e Marino furono affiancati da due giovani studiosi, Antonio Lepschy e Antonio Ruberti, come segretari. Antonio Lepschy (1931-2005) si era laureato nel 1955 all'Università di Padova, dove, dopo alcuni anni di insegnamento dapprima a Bari e poi a Trieste, fu docente dal 1970-'71. Era uno studioso dai vastissimi interessi scientifici e culturali. Oltre a ricoprire diversi incarichi all'Università di Padova, fu anche membro dell'Accademia Gali-



▲ **Figura 5**
Pagina manoscritta di Giorgio Quazza

leiana di Scienze, Lettere ed Arti di Padova, dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti di Venezia, e dell'Accademia delle Scienze detta dei XL di Roma. Come si può vedere in bibliografia, scrisse anche alcuni preziosi contributi storici, uno dei quali su questa stessa rivista. Tale contributo, che risale all'anno 2000, era dedicato all'amico di una vita, Antonio Ruberti, scomparso pochi mesi prima.

Antonio Ruberti (1927-2000) fu docente all'Università di Roma. Qui, nel 1969, fondò l'Istituto di Automatica. La sua carriera fu contrassegnata da una sequenza davvero unica di successi in campo scientifico, accademico e politico, che, tra l'altro, lo portò a essere rettore di quella Università (dal 1976 al 1987), ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica (dal 1989 al 1992), e Commissario per la Scienza e la Ricerca dell'Unione Europea. In sua memoria, dal 2005, la *Control Systems Society* di IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) assegna annualmente il premio *Antonio Ruberti Young Researcher Prize*. Lepschy e Ruberti furono due dei tre primi *liberi docenti* di Controlli Automatici in Italia nominati

nel 1961. Il terzo fu Giorgio Quazza, eminente figura dell'ingegneria del controllo industriale. Dopo un tormentato periodo giovanile segnato da alcuni mesi di prigionia nel campo di concentramento di Mauthausen, Quazza si laureò al Politecnico di Torino, e quindi fece gli studi di dottorato negli Stati Uniti. Al suo ritorno in Italia, diede impulso alle applicazioni di controlli in campo industriale, soprattutto nel mondo elettrico, fondando nel 1967 il CRA (*Centro di Ricerca di Automatica*) dell'ENEL. Con il passar del tempo, questo centro divenne un punto di riferimento internazionale per le applicazioni in campo elettrico. La stima per Giorgio Quazza era altissima in ambito IFAC, tanto che fu chiamato a coordinare l'*Executive Board* della Federazione. Molti ritenevano che, sotto la sua guida, l'*IFAC World Congress* si sarebbe presto tenuto in Italia. Ma nell'agosto del 1978, al culmine dei suoi studi e della sua notorietà e stima internazionale, una disgrazia, verificatasi nel corso di un'escursione tra le sue amate montagne, lo sottrasse per sempre alla sua famiglia e all'intera comunità scientifica. Per onorare la sua memoria, IFAC decise di istituire la famosa *medaglia Quazza*, il premio più prestigioso in ambito IFAC, assegnato a cadenza triennale nel corso dell'*IFAC World Congress*. La cittadina natia di Mosso, piccolo paese di montagna in provincia di Biella, ha dedicato alla sua memoria e a quella del fratello Guido (esimio sto-

Figura 6 ▾

Quattro studiosi su una panchina. Da sinistra, Antonio Ruberti, Emanuele Biondi, Giorgio Quazza e Antonio Lepschy. Fotografia scattata da Fabio Saccomanno a Bressanone nel 1963



rico docente alla Normale di Pisa) la scuola primaria del paese. Una pagina manoscritta di uno studio di Giorgio Quazza è riportata in figura 5. Lepschy, Quazza e Ruberti sono ritratti insieme nella curiosa quanto caratteristica *fotografia della panchina* (Figura 6). Questa istantanea fu scattata nel 1963 da Fabio Saccomanno (prestigioso docente presso l'Università di Genova) a Bressanone, dove la comunità italiana di Automatica si riuniva annualmente negli anni '60. Il quarto studioso che compare nella foto è Emanuele Biondi. Nato nel 1928, Biondi fondò e diresse il Centro per lo Studio della Teoria dei Sistemi del CNR, che operava presso il Politecnico di Milano. In seguito, i suoi interessi si spostarono verso la bioingegneria e lo portarono a dare avvio al Dipartimento di Bioingegneria, dipartimento che è recentemente confluito nel Dipartimento di Elettronica e Informazione, di quella Università, dando luogo a quello che oggi si chiama Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria. Nei suoi vent'anni di attività (1971-1991), il Centro per lo Studio della Teoria dei Sistemi agì da "catalizzatore scientifico" creando l'ambiente appropriato e le opportune sinergie per la formazione e la crescita di diverse personalità che avrebbero poi dato un contributo significativo in varie direzioni.

L'Automatica rifondata: gli anni Sessanta del XX secolo e il nuovo paradigma scientifico

Negli anni Cinquanta, l'Unione Sovietica era all'avanguardia nel campo dei controlli; l'emblema dei suoi successi fu il lancio dello Sputnik nel 1957, che tanto impatto ebbe sull'opinione pubblica mondiale. In questo quadro, non è certo sorprendente che la neonata *International Federation of Automatic Control* decidesse di tenere il primo *IFAC World Congress* a Mosca. E, in effetti, il congresso si tenne nelle aule dell'Università di Mosca nell'estate del 1960, con circa millecinquecento partecipanti. Come Presidente della Federazione era stato eletto Harold Chestnut (1917-2001). Chestnut era un ingegnere che ricopriva cariche di elevata responsabilità alla General Electric, la grande compagnia fondata da Thomas Edison, ed era anche noto perché, insieme con Robert W. Mayer, aveva scritto *Servomechanisms and Regulating System Design*, un libro in due volumi, pubblicati il primo nel 1951, il secondo nel 1955. Il congresso IFAC di Mosca fu un'occasione formidabile d'incontro di delegazioni provenienti da molti diversi Paesi; particolarmente massiccia fu la partecipazione di scienziati dell'Est, con i quali, dato il clima dalla Guerra Fredda imperante in quel periodo, le possibilità di contatto e interazio-

ne erano state fino ad allora assai limitate⁴.

Tra i molti autorevoli partecipanti a questo eccezionale evento scientifico, vi era uno scienziato statunitense di origine ungherese, Rudolf E. Kalman (Figura 7), che presentò il lavoro *On the general theory of control systems*.

Questo lavoro poneva i problemi di controllo su una solida base matematica grazie a un nuovo approccio, il cosiddetto *approccio a spazio di stato*. Sia il processo da controllare sia il suo controllore (*governor* nel linguaggio di Maxwell) erano descritti per mezzo di equazioni di struttura particolare: da un lato, le equazioni di stato, con le quali si catturava l'evoluzione delle "variabili di memoria" del processo, le "variabili di stato", dall'altro le equazioni d'uscita, con cui si descriveva la dipendenza delle variabili esterne dalle variabili di stato. Mentre le equazioni di stato sono "relazioni dinamiche", tipicamente equazioni differenziali, le equazioni d'uscita sono algebriche.

Sempre nel 1960, nel "Journal of Basic Engineering", Kalman pubblicava l'articolo *A new approach to linear filtering and prediction problems*, dove l'approccio di stato veniva usato per i problemi di filtraggio e predizione. L'impostazione generale poneva al centro dello studio la stima dello stato attuale (filtraggio) e futuro (predizione) utilizzando solamente l'osservazione delle variabili esterne, misurabili, del sistema. Un simile problema è fondamentale in ogni ambito scientifico, ma lo è, in particolare, nel controllo, dato che, per imporre a una certa variabile un determinato andamento, l'andamento desiderato, occorre in primo luogo stimare il valore attuale della variabile. Il *filtro di Kalman*, che tanto successo avrebbe avuto e ha tuttora nell'ingegneria, è nient'altro che un *sensore virtuale*, ossia un dispositivo di "misura indiretta" di una grandezza per cui non esistono strumenti di misurazione. Un caso tipico è quello della valutazione della orientazione di un'astronave; tale posizione non è misurabile di per sé, va valutata indirettamente, ad esempio dall'osservazione delle cosiddette stelle fisse mediante telecamere a bordo puntate sullo spazio profondo⁵.

Notiamo che i problemi di filtraggio e predizione sono gli stessi problemi che, negli anni Quaranta erano stati studiati da Kolmogorov e Wiener. Il successo del nuovo approccio è dovuto alla sua semplicità e generalità; la soluzione è data in forma ricorsiva, e come tale è facilmente implementabile in un dispositivo elettronico.

Un'osservazione finale riguarda una particolare equazione che interviene nell'approccio di stato al filtraggio e al controllo. Si tratta di una equazione non lineare, denominata *equazione di Riccati* in onore del conte Jacopo F. Riccati (1676-1754). Curiosamente, Riccati non era laureato in

materie scientifiche, era laureato in legge, all'Università di Padova. In campo scientifico era un autodidatta. Il suo interesse risale a quando, come studente universitario, frequentò per interesse personale un corso di astronomia. Il docente del corso, Stefano degli Angeli, gli passò la sua copia del libro di Isaac Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, pubblicato nel 1687. Fu così che Riccati ebbe modo di studiare (come autodidatta) le equazioni differenziali. I suoi studi sfociarono in una pubblicazione sugli *Acta Eroditorum Lipsiae* riguardante un'equazione che porta oggi il suo nome. Era il 1724⁶.

L'approccio di stato ebbe una formidabile risonanza, portando alla rifondazione dell'Automatica intera, con un nuovo slancio verso la soluzione di altre avvincenti sfide scientifiche poste dallo sviluppo della tecnologia dei nostri giorni.

Questo grande clima di innovazione scientifica ebbe presto un riverbero mondiale. Anche nel nostro Paese, negli anni Sessanta e Settanta vi furono diversi incontri e iniziative di studio. In particolare, le riunioni annuali dei ricercatori del settore erano spesso accompagnate da scuole della

Figura 7

Rudolf
E. Kalman

Fotografia scattata a
Bologna nel 2002



⁴ Per un resoconto sul primo congresso IFAC si rimanda all'articolo di Bernard Widrow. *Recollections of Norbert Wiener and the first IFAC World Congress*. "IEEE Control Systems Magazine", 2001, pp. 65-70.

⁵ A chi desiderasse approfondire il pensiero di Kalman, suggerisco la lettura di *What is System Theory*, che è disponibile in Internet. Si tratta della lezione che Kalman diede nel 1985 in occasione del conferimento del prestigioso *Inamori Foundation Kyoto Prize in High Technology*. È un lavoro dove si leggono commenti profondi sull'importanza dei modelli, sul filtraggio, e su altri temi fondamentali della scienza e della conoscenza.

⁶ Chi scrive curò un volumetto su Riccati, pubblicato nel 1989 da Pitagora editrice, Bologna, dal titolo *Count Riccati and the Riccati Equation*. In esso compaiono quattro contributi. Il primo è l'articolo originale in latino *Animadversiones in aequationes differentiales secundi gradus* che Riccati pubblicò sugli *Acta Eroditorum Lipsiae* nel 1724. A seguire vi sono un lavoro di Eulero del 1764, anch'esso in latino, e uno di Liouville del 1841, in francese. Infine vi è la biografia di Riccati dal titolo *Count Riccati and the early days of the Riccati equation*. Avevo preparato tale biografia per il congresso *The Riccati equation in Control, Systems and Signals*, che si tenne a Como nel 1989. La medesima biografia è riprodotta nel volume *The Riccati Equation* (S. Bittanti, A.J. Laub and J. Willems eds.), pubblicato da Springer nel 1991.

⁷ Si prevede e auspica che il terzo *Convegno* si tenga nel 2056.

durata di qualche giorno. Gli interventi dei relatori in queste giornate di studio vennero raccolti in alcuni volumi che costituiscono la famosa *Collana di Automatica del CNR*, un'ottima base di studio per i giovani desiderosi di apprendere le nuove metodologie.

Collana di Automatica del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

CA-I: Problemi attuali di teoria dei controlli automatici. CNR, Roma 1965.

CA-II: Identificazione e ottimizzazione. CNR, Roma 1967.

CA-III, I processi stocastici nei controlli automatici. CNR, Roma 1970.

CA-IV: Identificazione dei sistemi stocastici. CNR, Roma 1978.

A trent'anni di distanza dal quarto volume, è stato pubblicato poi il quinto:

CA-V: Control Science Evolution. CNR, Roma 2008.

Qui sono raccolti gli atti del *Secondo Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo*, tenuto a Milano nel 2006, convegno di cui parleremo in seguito.

Cinquant'anni dopo

Il cinquantenario del memorabile *Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo* è stato celebrato nel 2006 con un secondo Convegno, tenuto al Politecnico di Milano⁷.

Gli interventi al secondo *Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo* sono stati raccolti nel quinto volume della *Collana di Automatica del CNR* (Figura 8):

Control Science Evolution. Proceedings of the Second Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo, CNR, 2008 (contributi di S. Barabaschi, S. Bittanti, G. C. Goodwin, H. Kimura, G. Marro; messaggi di: Presidente della Repubblica Italiana, Presidente della Regione Lombardia; Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche - CNR; Magnifico Rettore del Politecnico di Milano, Presidente Accademia Nazionale dei Lincei, Presidente Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere).

Si noti che Graham Goodwin e Hidenori Kimura, due dei relatori invitati al convegno, hanno ricevuto la medaglia Quazza, rispettivamente nel 2008 e nel 2011.

Passiamo ora a un secondo grande "evento dei cinquant'anni". I congressi mondiali IFAC hanno cadenza triennale. Di norma, nell'anno del congresso, non si tengono altri eventi IFAC, mentre nel biennio che intercorre tra un congresso e il successivo, l'attività IFAC prosegue con convegni tematici su questo o quell'aspetto dell'automatizzazione. Mezzo secolo dopo il congresso di Mosca, il

diciottesimo congresso mondiale IFAC è stato tenuto a Milano, dal 28 agosto al 2 settembre 2011⁸, con un record di partecipazione (2.826 congressisti iscritti, cui si debbono aggiungere un paio di centinaia di presenze aggiuntive per un totale di circa tremila partecipanti) (Figura 9).

Il Congresso di Milano si è tenuto all'Università Cattolica del Sacro Cuore, le cui aule furono completamente impegnate per l'evento nella settimana indicata. Fanno eccezione la cerimonia di apertura di domenica 28 agosto e la cena del congresso di giovedì 1 settembre che si tennero al Centro Congressi MiCo di cui abbiamo parlato in precedenza (Figura 10-11).

Una caratteristica dei congressi mondiali IFAC è che ogni congresso ha un suo standard. In figura 12 è mostrato lo standard del congresso di Milano quando fu presentato al pubblico per la prima volta nel corso della cerimonia di chiusura del precedente congresso, il 17th IFAC World Congress tenuto a Seoul nel 2008.

L'attribuzione del Congresso rappresenta la realizzazione di un sogno coltivato dalla comunità italiana per oltre mezzo secolo. La lunga strada che portò a questo esito ebbe inizio con una riunione informale di studiosi italiani al congresso IFAC di Pechino nel 1999. La prima proposta pubblica venne fatta al congresso di Barcellona del 2002, quando ebbe avvio, su suggerimento

della comunità italiana, una iniziativa denominata *Friendship Evening*, una serata durante la quale le nazioni che intendevano ospitare il primo congresso disponibile presentavano in via informale la loro candidatura. L'organo IFAC cui compete la decisione sulla localizzazione del congresso è il consiglio direttivo (*Council*). La proposta italiana per il 18th IFAC World Congress fu presentata alla riunione del *Council* IFAC del 30 agosto 2003 a Rotterdam, dove vennero selezionate due tra le varie candidature. La decisione finale fu presa l'anno dopo, nella riunione del *Council* di San Pietroburgo il 19 giugno



Figura 9
Numero dei partecipanti a IFAC World Congress

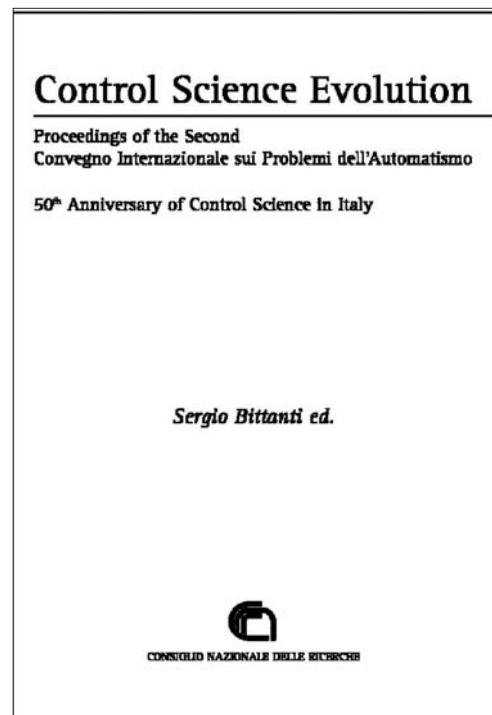


Figura 8
Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo - frontespizi degli atti del primo e del secondo convegno. Il primo si tenne al Museo della Scienza e della Tecnica di Milano nel 1956, il secondo al Politecnico di Milano nel 2006, a cinquant'anni di distanza dal primo

2004, con sette anni di anticipo rispetto alla data di svolgimento del congresso, sette anni d'intensa attività organizzativa.

Segnaliamo che il sito web del congresso IFAC 2011 (www.ifac2011.org) è tutt'ora attivo e ha, ancor oggi, migliaia di accessi ogni mese, come è testimoniato dall'elevato valore del suo *page rank*. Tra i molti documenti disponibili, vi sono i video completi delle lezioni plenarie e il video della sessione storica, con vari interventi di autorevoli scienziati. Vi si può trovare anche il *Final Report* con molti dettagli sull'evento⁹.

Lo sviluppo della scienza e tecnologia del con-



▲ **Figura 10**

I cortili dell'Università Cattolica del Sacro Cuore animati dai partecipanti a 18th IFAC World Congress



▲ **Figura 11**

Cerimonia di apertura di 18th IFAC World Congress al Centro Congressi MiCo



trollo è la missione di diverse associazioni scientifiche internazionali di primissimo piano. Oltre a IFAC, un ruolo di grande rilievo è svolto da IEEE attraverso la *Control Systems Society* (IEEE CSS), che promuove un gran numero di simposi tematici e, a cadenza annuale, una grande conferenza generalista, la CDC (*Conference on Decision and Control*). Di norma la CDC si tiene in dicembre in questa o quella città degli Stati Uniti. Di quando in quando, si tiene però in altri Paesi. Nel dicembre 2013 si è tenuta eccezionalmente in Italia, a Firenze¹⁰.

Citiamo infine EUCA (*European Control Association*). Mentre IFAC e IEEE-CSS hanno una storia più che cinquantennale, il debutto di EUCA risale al 1991, anno in cui si tenne a Grenoble la prima *European Control Conference* (ECC). Questa conferenza è stata poi tenuta con cadenza biennale, talvolta congiuntamente con la IEEE CDC (2005, Siviglia; 2011, Orlando-USA). Nel 1995 si tenne a Roma. Dal 2013, ECC si tiene annualmente. Il numero dei partecipanti alle CDC e alle ECC è riportato rispettivamente in figura 13 e figura 14.

Le citate associazioni patrocinano anche la pubblicazione di diverse riviste scientifiche molto qualificate, come "Automatica" (IFAC), *Transactions on Automatic Control* (IEEE) e *European Journal of Control* (EUCA)¹¹.

⁸ Notizia di questo convegno è stata data con rilievo in questa rivista nel numero di luglio/agosto 2010.

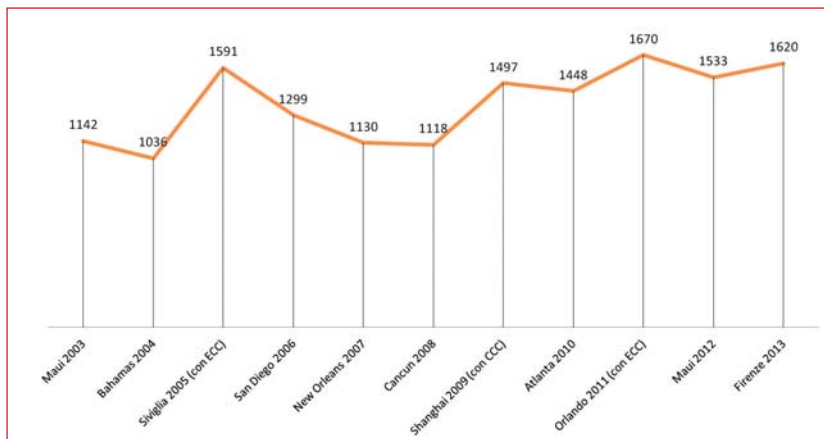
⁹ Una sintesi dei congressi mondiali IFAC fino quello di Sydney del 1993 si trova nel lavoro: *A history of the IFAC Congress*, di Stephen Kahne, pubblicato in "IEEE Control Systems Magazine", vol. 16, n. 3, 1996.

¹⁰ Per la storia della *Control Systems Society* di IEEE si suggerisce *Fifty years in Control* di Daniel Y. Abramovitch e Gene F. Franklin, che è apparso in "IEEE Control Systems Magazine", dicembre 2004. Una presentazione dettagliata della CDC di Firenze scritta da Thomas Parisini e Roberto Tempo si trova in "IEEE Control Systems Magazine", maggio 2013.

¹¹ Chi scrive ebbe il privilegio di dirigere "European Journal of Control" dal 2003 al 2013. In tale veste, per il ventennale della serie di congressi ECC, proposi ai Presidenti EUCA di scrivere un rapporto sulla ECC che si era svolta nel periodo della loro presidenza. Questi rapporti si trovano alle pagine 621-638 dell'ultimo numero di "European Journal of Control" del 2011, il numero speciale per i partecipanti alla conferenza congiunta CDC-ECC di Orlando.

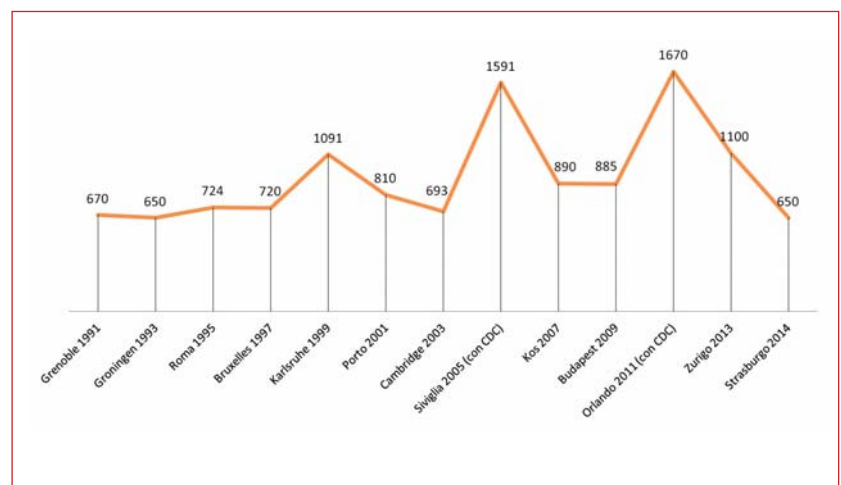
◀ **Figura 12**

Stendardo del 18th IFAC World Congress (Milano, 2011), presentato alla cerimonia di chiusura del 17th IFAC World Congress (Seoul, 2008)



◀ **Figura 13**
 Numero di partecipanti alla IEEE Conference on Decision and Control (CDC)

Figura 14 ▶
 Numero di partecipanti alla European Control Conference (ECC)



Epilogo

Vi è una immensa varietà di sistemi di controllo attivi in noi e attorno a noi. Nel nostro corpo, innumerevoli sono i sistemi di regolazione automatica di questa o quella variabile, come la temperatura corporea, la pressione sanguigna e così via. Intorno a noi, non possiamo che restare ammirati dagli sviluppi dell'Automatica e dalle sue ricadute sulla vita quotidiana.

Capita spesso che amici e conoscenti mi chiedano di illustrare in modo semplice un successo recente dell'Automatica. Tra i sistemi di controllo che mi si affollano nella mente, la mia scelta va ai due seguenti: il progetto del pancreas artificiale e il sistema *Electronic Stability Program* (ESP).

Il *pancreas artificiale* è un dispositivo completamente automatico per l'erogazione dell'insulina a pazienti diabetici, che ha ottenuto l'approvazione della *Food and Drug Administration* statunitense, e potrebbe entrare in commercio nell'arco di alcuni anni. Alla sua messa a punto hanno lavorato e stanno lavorando diversi team di ricerca operanti presso l'Università di Padova, l'Università di Pavia, la Mayo Clinic, l'Université de Montpellier, la University of California at Santa Barbara, e la University of Virginia.

L'ESP è un sistema già in uso nell'equipaggiamento di parecchie automobili; interviene quando il guidatore perde il controllo durante una brusca sterzata o in un tratto di percorso scivoloso. Istante per istante, l'ESP identifica le intenzioni di guida del pilota e le confronta con l'effettivo andamento della traiettoria attuale. Se si evidenzia un considerevole disallineamento tra le due, se cioè si manifesta una situazione di emergenza, allora ESP disabilita l'esercizio del freno al guidatore e interviene in modo automatico esercitando un'azione frenante diversa da ruota a ruota, ciò che consente il ristabilimento della corretta guida del veicolo. Si valuta che ESP consenta di salvare, ogni anno, molte migliaia di vite.

Nei prossimi decenni, grazie anche alla progressiva diffusione dei sistemi di informazione nell'industria e nella società, gli orizzonti applicativi dell'Automatica si amplieranno notevolmente e le nuove generazioni di giovani che si affacciano allo studio dei sistemi di controllo potranno affrontare nuove stimolanti sfide. A questi giovani, vorrei ricordare il motto di Graham C. Goodwin: "*Control is the best research area in the universe*".

In questo articolo, ho citato i riferimenti su temi specifici all'interno del corpo del manoscritto, in modo da focalizzare questa bibliografia sui contributi storici di tipo generale. Libri base sulla storia dell'Automatica nell'Ottocento e Novecento sono [7] e [9], mentre un libro sui dispositivi di controllo in retroazione nei tempi antichi è [6]. La rivista "Control Systems Magazine" di IEEE ha promosso due sezioni speciali, una nel 1966 e una nel 2002, su temi storici, [5] e [14]. Come già accennato, dal 2003 al 2013 ebbi il privilegio di dirigere la rivista "European Journal of Control". Nel 2007, insieme con il collega Michel Gevers, docente all'Università Cattolica di Lovanio, promossi una raccolta di articoli di autorevoli scienziati di varie nazionalità, chiedendo loro di descrivere la loro personale esperienza di studio e ricerca. Venne così realizzato il numero speciale [16]. Una decina di anni fa, IFAC prese un'encomiabile iniziativa, quella di realizzare "il libro dei libri", cioè un volume in cui furono riprodotte le copertine dei principali testi di Automatica pubblicati negli anni Quaranta - Sessanta in diversi Paesi, con un breve commento scritto da uno studioso connazionale dell'autore del libro, si tratta del volume [15]. I libri ivi menzionati sono [1-4]. Di Evangelisti, Quazza, Lepschy e Ruberti abbiamo già parlato in precedenza. Sergio Barabaschi (1930 -) diresse per diversi anni il Laboratorio di Servomeccanismi e Controlli del Centro Ricerche Nucleari di Ispra, laboratorio che venne poi trasferito al Centro Nucleare della Casaccia (vicino a Roma) nel 1963. Nel laboratorio lavorava anche Renzo Tasselli (1934-1978), con cui Barabaschi scrisse il corposo libro di testo *Elementi di Servomeccanismi e Controlli*, che ebbe una vasta diffusione nelle scuole tecniche italiane. Concludiamo con i lavori storici scritti da italiani, con l'auspicio di non commettere omissioni. Citiamo innanzitutto i lavori di Antonio Lepschy [10-12]. Come è stato fatto notare da vari autori, l'orologeria è uno dei settori dove sono stati utilizzati meccanismi a retroazione da diversi secoli, e questo è ben illustrato in [8].

Il contributo [17], pubblicato nel numero speciale [16], descrive gli albori della scienza del controllo con speciale attenzione ai contributi di singoli docenti e ricercatori, fornendo un ampio quadro di eventi accademici e industriali. Cito infine il lavoro che preparai in occasione del secondo Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo del 2006, [18], in cui vi sono parecchi dettagli sugli eventi che portarono all'attribuzione del diciottesimo congresso mondiale IFAC all'Italia. In questo lavoro si fa riferimento al secolo che intercorre tra il 1956 e il 2056, descrivendo quello che accadde nel campo dell'Automatica nel periodo 1956-2006 e cercando di fare una sorta di previsione dell'evoluzione futura nei cinquant'anni a seguire (2006-2056). Da qui il titolo, in cui si parla di una riflessione di mezzo termine. L'intensa attività di organizzazioni di eventi IFAC in Italia è sintetizzata nel volumetto [13].

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Evangelisti: *La Regolazione delle Turbine Idrauliche*, Zanichelli, Bologna, 1947.
- [2] G. Quazza: *Teoria della Regolazione Automatica*, Anipla, Milano, 1962.
- [3] A. Lepschy, A. Ruberti: *Lezioni di controlli automatici*, Sidea, Roma, 1963.
- [4] S. Barabaschi, R. Tasselli: *Elementi di Servomeccanismi e Controlli*, Zanichelli, Bologna, 1965.
- [5] L. G. Bushnell: Special Issue on the History of Control Research, *IEEE Control Systems Magazine*, 1966.
- [6] O. Mayr: *The Origins of Feedback Control*, MIT Press, Cambridge (MA), 1970.
- [7] S. Bennet: *A History of Control Engineering 1800-1930*, Peter Peregrinus, London, 1979.
- [8] A. Lepschy, G. A. Mian, U. Viaro: Feedback control in ancient water and mechanical clocks, *IEEE Transactions on Education*, vol. 35, 1992, pp. 3-10.
- [9] S. Bennet: *A History of Control Engineering 1930-1955*, Peter Peregrinus, London 1993.
- [10] A. Lepschy: Trent'anni di Automatica in Italia, *Automazione e Strumentazione*, vol. 45, 1997, pp. 91-97.
- [11] A. Lepschy: Automatica e sistemistica verso un destino comune (l'unificazione delle discipline legate all'automazione e all'informatica è stata al centro dell'opera e del pensiero del in memoria di Antonio Ruberti, recentemente scomparso), *AEI*, vol. 87, 2000, pp. 47-51.
- [12] A. Lepschy: *L'Automatica in Italia dal 1945 al 1975*, disponibile sul sito web della Società Italiana Docenti e Ricercatori di Automatica (SIDRA), nota che risale ai primi anni 2000.
- [13] *Italy in IFAC, from dawn to 2003*, Milano, Meregalli Publisher, 2002.
- [14] D. S. Bernstein, L. G. Bushnell: Special Section on History of Control, *IEEE Control Systems Magazine*, 2002.
- [15] J. Gertler: *Historic Control Textbooks*, Elsevier, 2006.
- [16] S. Bittanti, M. Gevers: Special Issue On the Dawn and Development of Control Science in the XXth Century, *European Journal of Control*, vol. 13, 2007.
- [17] G. O. Guardabassi: The Dawn of Control Science in Italy - From Intuitive Engineering to Modern Control Theory, *European Journal of Control*, vol. 13, 2007, pp. 36-48.
- [18] S. Bittanti: A Century of Control Science - a mid term reflection, *Control Science Evolution*, atti del Secondo Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo, CNR, 2008.

Sono riconoscente ad Andrea Silvestri per l'invito a scrivere queste note in una occasione così speciale, il centenario della rivista da lui diretta.

La documentazione su cui mi sono basato è sostanzialmente costituita dal mio archivio, progressivamente arricchito nel corso degli anni. Sono molto grato a John Westcott (1920 -), per le conversazioni sul primo congresso IFAC, in particolare per l'intervista che gli feci all'Imperial College il primo giugno 2011. Westcott è l'unico firmatario della "Resolution IFAC" del 1956 tuttora vivente.

Mi sono poi avvalso dell'aiuto di diversi colleghi per l'integrazione di informazioni su questo o quell'evento. Ringrazio Françoise Lamnabhi-Lagarigue, del *Laboratoire des Signaux et Systèmes* di Gif sur Yvette, per la ricerca dati sul *Congrès International de l'Automatique*; Dieter Westerkamp, dell'associazione tedesca degli ingegneri (VDI) di Düsseldorf per documenti sul Congresso di Heidelberg, Pradeep Misra, della Wright State University di Dayton (USA), per i dati sui partecipanti alla *Conference on Decision and Control*; Fabrizio Trisoglio e Franca Chiusi di AEIT, per l'assistenza nella consultazione dell'archivio di quella associazione; Andrea Lovati, dell'Archivio Storico di Fondazione Fiera Milano, per i dati sulla Fiera Campionaria. Ringrazio inoltre Antonella Rinaldi per la comparazione dei dati sui partecipanti ai due congressi, di Milano e Heidelberg, e Silvia Strada per l'analisi degli atti del congresso di Heidelberg.

Il manoscritto è stato gentilmente revisionato da Silvia Canevese, Carlo Orlandini, Marco Rapizza e Fausto Vezzano.

La Biblioteca Centrale dell'AEIT presso l'Università di Trieste

Mario Policastro *AEIT Trieste*

La messa in rete del catalogo della Biblioteca Centrale dell'AEIT è frutto di un'operazione durata oltre quarant'anni, in cui la Sezione di Trieste ha svolto un ruolo rilevante. Dunque una lunga storia: qui se ne ripercorrono le tappe

Il 1° aprile 2011 si è svolta, in un edificio dell'Università di Trieste, una breve cerimonia che contrassegnava una tappa importante nella storia della Biblioteca Centrale dell'allora Federazione AEIT. Alla cerimonia, e al suo seguito, una manifestazione che con diversi interventi recuperava un po' di solennità all'evento, era presente il presidente dell'Associazione prof. Mario Rinaldi (Figura 1) a significare il riconoscimento dell'importanza dell'operazione iniziata e portata in porto dalla Sezione di Trieste dell'AEIT: l'opera di catalogazione del materiale bibliografico della Biblioteca Centrale dell'AEIT e il suo "inserimento" nel Sistema Bibliotecario Nazionale (SBN) che la rende visibile e fruibile da tutti gli interessati. Ma come si è arrivati nei locali di quell'edificio ubicato in posizione centrale nella cittadella universitaria triestina? È quello che si cercherà di ricordare.

Nella seduta del 13 aprile 1960 del Consiglio Generale dell'AEI, il presidente generale Arnaldo Maria Angelini "dà notizia dell'avvenuto trasferimento della Biblioteca Centrale nella nuova sede messa a disposizione dalle Ferrovie dello Stato grazie all'interessamento del collega Albertazzi della Sezione di Roma. La nuova sede offre la

possibilità di sistemare la Biblioteca con larga disponibilità di spazi e con molto decoro" [1]. Dunque la situazione di sofferenza di spazi e di gestione della storica sede di Milano aveva trovato una soluzione. Ma, nella riunione del Consiglio Generale del 17 settembre 1961, quindi a più di un anno di distanza, "Il Presidente richiama lo scambio di idee intervenuto [...] per valorizzare la Biblioteca Centrale, la quale pur avendo ricevuto un'ottima sistemazione per merito del presidente della Sezione di Roma ing. Albertazzi e della Direzione delle Ferrovie dello Stato, risulta assai scarsamente frequentata" [2]. Alla seduta era stato invitato, non a caso evidentemente, il prof. Francesco Barozzi (Figura 2), direttore dell'Istituto di Elettrotecnica dell'Università di Trieste. Ne corso della stessa seduta "[Il presidente] accenna alla proposta del prof. Barozzi di trasferire la biblioteca all'Università di Trieste, la quale ne curerebbe la gestione anche a favore dei Soci dell'AEI. Dopo breve discussione, i presenti non ritengono di poter prendere una decisione immediata e la questione viene rinviata al prossimo Consiglio" [2]. Pur non in tempi rapidi, la decisione comunque viene presa poiché nel corso del Consiglio Generale di Palermo del 6 maggio 1964 [3] si ha notizia, dalla presidenza della Sezione di Roma, che "sono in corso le operazioni per il trasferimento della biblioteca all'Istituto di Elettrotecnica dell'Università di Trieste". Operazioni evidentemente non semplici, poiché dal verbale della seduta del Consiglio Generale tenuto a Palermo il 17 settembre 1964 si apprende che "È imminente la spedizione del materiale da Roma a Trieste" [4].

Finalmente nel mese di giugno 1965 il trasloco appare effettuato, come si può confrontare in figura 3.

L'atto è ufficializzato perché nell'elenco delle Cariche Sociali dell'AEI [6] del 1966 la Biblioteca Centrale appare ubicata presso la "Sezione di Trieste, piazzale Europa 1, Trieste".

Chi scrive può testimoniare che la sistemazio-

ne era in linea con la promessa fatta dal prof. Barozzi nel 1961 di curarne la gestione a favore dei soci, perché la Biblioteca era collocata in ambiente prossimo a quelli della Biblioteca della Facoltà di Ingegneria, a sua volta in comunicazione stretta con gli ambienti dell'Istituto di Elettrotecnica. Dunque una prima collaborazione fra i due enti si materializzò a metà degli anni '60 e, se all'AEI va riconosciuta la disponibilità ai trasferimenti, il merito della primogenitura di un'iniziativa che prefigurasse la fruibilità della Biblioteca da parte di soci, e non solo, va indubbiamente attribuita al prof. Barozzi.

Ma era compiuta soltanto la fase due della complessa vicenda. Perché la rapida espansione delle attività didattiche delle università italiane faceva crescere le esigenze di personale e di spazi e portava alla conseguente istituzione dei Dipartimenti: l'Istituto di Elettrotecnica si trasformava in Dipartimento di Elettrotecnica, Elettronica e Informatica, mentre l'edificio che ospitava la Biblioteca della Facoltà di Ingegneria e la Biblioteca dell'AEI veniva ristrutturato a favore del Dipartimento. La prima, diventata nel frattempo Biblioteca Tecnico Scientifica dell'Ateneo, si trasferiva nella sede attuale, e il materiale bibliografico dell'AEI (diventa-



Figura 1

Cerimonia presso l'Università di Trieste per la catalogazione e l'inserimento del materiale bibliografico della Biblioteca Centrale AEIT nel Sistema Bibliotecario Nazionale. Da sinistra, l'ing. Stefano Fabbro, past president della Sezione AEIT di Trieste (2008-2013); il prof. Mario Policastro, past president della Sezione di Trieste (2002 - 2007); il prof. Mario Rinaldi, presidente di AEIT, e il prof. Giorgio Sulligoi, attuale presidente della Sezione di Trieste



Figura 2

Francesco Barozzi (terzo da sinistra) durante un seminario a Bressanone nel 1963

ta nel frattempo AEIT) nel 1995 veniva ospitato nel locale seminterrato dove si trova tuttora. Con l'occasione si regolarizzò il rapporto tra Università e Associazione AEIT attraverso un accordo che prevedeva la cessione in comodato d'uso gratuito all'Università degli Studi di Trieste, con l'intenzione di contribuire fattivamente ai servizi di supporto alla ricerca e alla didattica di competenza della Biblioteca Tecnico Scientifica. Le collezioni vennero

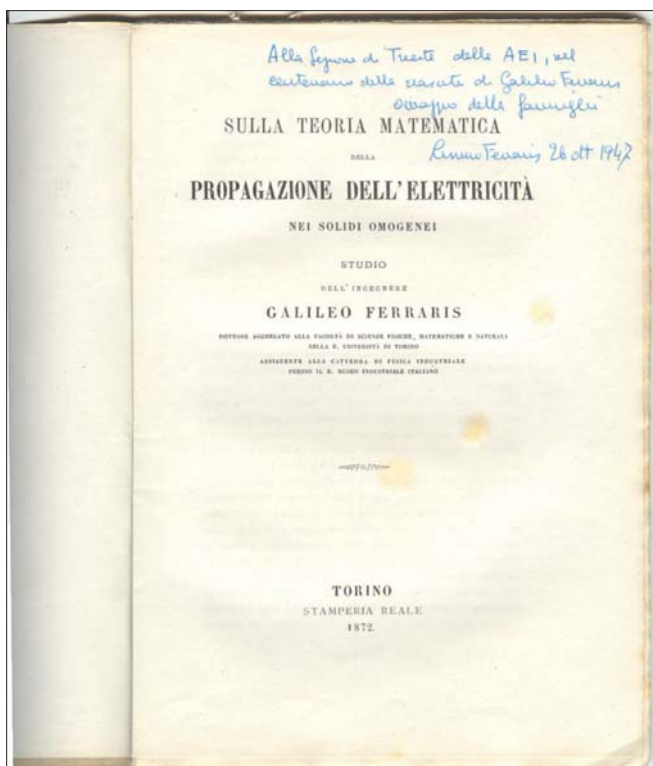
dislocate in un deposito librario chiuso al pubblico, sostanzialmente come era prima del trasloco, e quindi fruibile solo su richiesta e privilegiando gli "addetti ai lavori", per la mancanza di una classificazione sistematica pur auspicata fin dal tempo del loro collocamento a Roma. L'esigenza di darne un'ampia visibilità fu fatta presente fin dal 2001 dall'allora direttore della Biblioteca Tecnico Scientifica, Livio Toscan, alla Se-

c) *Biblioteca centrale.* Il *Presidente* informa che è stato effettuato il trasferimento della Biblioteca Centrale dalla Sezione di Roma all'Istituto di Elettrotecnica della Università di Trieste. Il collega Barozzi, direttore dell'Istituto, sta provvedendo alla sistemazione ed alla schedatura, operazioni che richiederanno circa un anno di tempo e circa un milione di lire di spesa e propone di eliminare quella parte del materiale che non presenta un interesse culturale; in particolare: pubblicazioni a semplice scopo pubblicitario o di informazione locale.

Il Consiglio esprime parere favorevole alla spesa e dà mandato alla Presidenza di concordare con la Direzione dell'Istituto i dettagli della sistemazione.

◀ **Figura 3**

Stralcio sull'effettivo trasferimento della biblioteca a Trieste, tratto dalla minuta di verbale pubblicata in [5]



◀ **Figura 4**

Galileo Ferraris, Sulla teoria matematica della propagazione dell'elettricità nei solidi omogenei, Torino, Stamperia Reale, 1872. Pubblicazione donata dalla Famiglia Ferraris e conservata presso la Biblioteca Centrale AEIT di Trieste

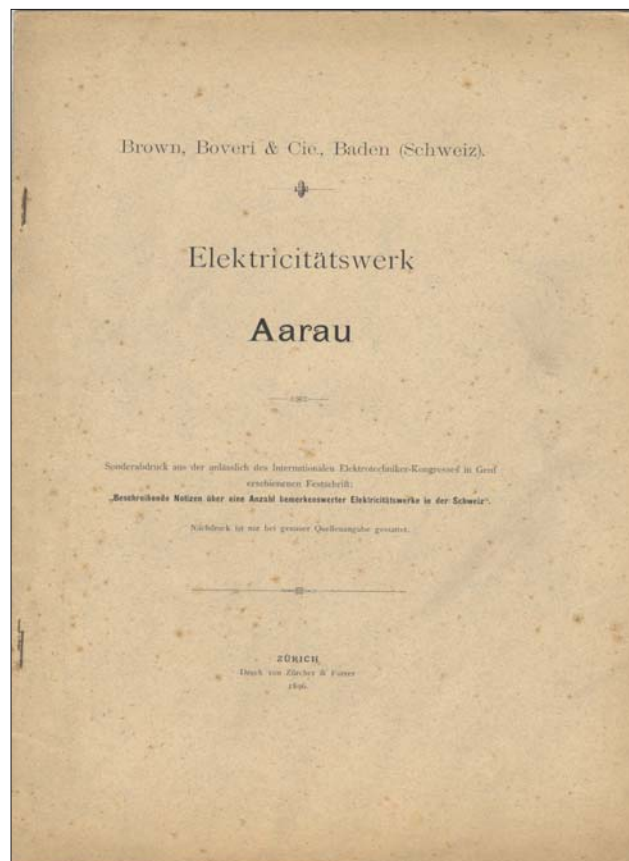


Figura 5 ▶

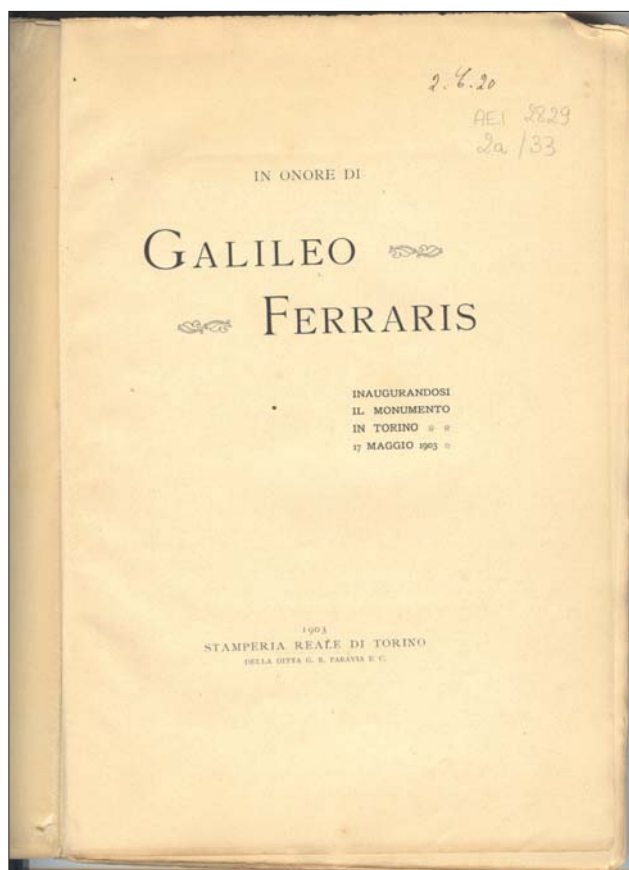
Elektricitätswerk Aarau, Zurigo, Druck von Zürker & Furrer, 1896. Pubblicazione conservata presso la Biblioteca Centrale AEIT di Trieste

zione di Trieste dell'AEI nella persona del suo presidente ing. Gianfranco Longhi. Iniziò quindi uno scambio di idee fra Sezione triestina e Ufficio Centrale, nel corso del quale venne ipotizzato un ulteriore trasferimento presso l'Università di Napoli. La incertezza della situazione, causata anche dal mancato reperimento di finanziamenti da fonti esterne, si prolungò fino al maggio 2004. Contando sulle proprie disponibilità di cassa, la Sezione di Trieste, sotto la presidenza di chi scrive, deliberò di aderire al progetto di catalogazione coordinato dalla Biblioteca Tecnico Scientifica. Fu ingaggiata una persona con adeguata competenza che, con l'uso di opportuni programmi, provvide a una prima catalogazione elettronica secondo i canoni biblioteconomici, con l'inserimento dei dati nella base dati usata dalla Biblioteca Tecnico Scientifica dell'Università, ottenendo così visibilità all'esterno sul catalogo del Servizio Bibliotecario Nazionale (SBN), servizio di cui l'Università fa parte sin dal 1994.

L'operazione proseguì, grazie anche al parziale sostegno finanziario dell'Ufficio Centrale, ed è

▼ Figura 6

In onore di Galileo Ferraris, Torino, Stamperia Reale di Torino, 1903. Pubblicazione conservata presso la Biblioteca Centrale AEIT di Trieste



tuttora in corso, come si dirà più avanti. L'attuale Presidente nazionale prof. Mario Rinaldi volle dare un *imprimatur* alla stessa solennizzando l'"inaugurazione" con la sua presenza, dando atto alla Sezione, nella persona del suo presidente ing. Stefano Fabbro, della bontà dell'iniziativa e ringraziando l'Università nell'indirizzo al delegato del Rettore e alla dott.ssa Cristina Cocever, direttore della Biblioteca Tecnico Scientifica, cui va ascritto obiettivamente il merito di una grande fattiva collaborazione.

Attualmente risultano catalogati 3.325 volumi monografici e 722 periodici, per un totale di 4.047 materiali inventariati. Per quanto riguarda la movimentazione di questo materiale dall'inizio del progetto sono stati registrati 129 prestiti esterni e una ventina di consultazioni in sede.

Nel corso dell'ultimo anno il riversamento in ACNP (Catalogo Italiano dei Periodici) delle consistenze di 478 periodici già catalogati in SBN ha contribuito ad aumentare ulteriormente la visibilità delle collezioni con un conseguente incremento delle richieste di fornitura di articoli. Nel corso del 2013 sono pervenute, attraverso il servizio di interscambio di documenti Nilde, un centinaio di richieste di *document delivery* dall'Italia e dall'estero relative ai periodici della Biblioteca Centrale AEIT.

Per quanto riguarda il riordino delle collezioni, i periodici erano stati riposizionati a scaffale in base alla collocazione contestualmente al lavoro di catalogazione. Le monografie già catalogate sono state etichettate e riordinate a scaffale nel corso dell'estate 2013 ed è rimasta solo una parte residuale di libri e periodici in attesa di essere catalogati e riordinati a scaffale.

Attualmente la principale criticità è legata agli spazi: il deposito è interamente occupato, senza alcuna possibilità di crescita per le collezioni e ciò preclude la possibilità di eventuali sviluppi futuri della biblioteca.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Minuta di verbale della seduta del Consiglio Generale tenuta a Milano il 13 aprile 1960, *L'Elettrotecnica*, vol. XLVII, n. 6, giugno 1960, p. 469.
- [2] Minuta di verbale della seduta del Consiglio Generale - Torino 17 settembre 1961, *L'Elettrotecnica*, vol. XLVIII, n.11, novembre 1961, p. 816.
- [3] Minuta di verbale della seduta del Consiglio Generale tenuta a Palermo il 13 aprile 1960, *L'Elettrotecnica*, vol. LI, n. 7, luglio 1964, p. 502.
- [4] Minuta di verbale della seduta del Consiglio Generale tenuta a Palermo il 27 settembre 1964, *L'Elettrotecnica*, vol. LI, n. 11, novembre 1964, p. 895.
- [5] Minuta di verbale della seduta del Consiglio Generale tenuta a Milano il 22 aprile 1965, *L'Elettrotecnica*, vol. LII, n. 6, giugno 1965, p. 443.
- [6] Elenco delle Cariche Sociali, *L'Elettrotecnica*, vol. LIII, n. 8bis, agosto 1966, p. 641.

Una Biblioteca e un Museo per la storia della tecnica elettrica

Antonio Savini *Centro di Ricerca per la Storia della Tecnica Elettrica - Università degli Studi di Pavia*

La Biblioteca della Sezione di Milano dell'AEI dal 1988 fa parte della Biblioteca storica annessa al Museo della Tecnica Elettrica dell'Università di Pavia. Biblioteca storica e Museo sono realtà sinergiche, importanti per lo sviluppo di ricerche storiche nel settore della tecnologia elettrica

La Sezione AEI di Milano e la sua Biblioteca

È noto che la Sezione di Milano dell'Associazione Elettrotecnica Italiana fu istituita già nel 1897, appena dopo la fondazione dell'Associazione stessa (27 dicembre 1896). È infatti nel gruppo delle Sezioni istituite per prime insieme a quelle di Torino, Genova, Roma, Napoli e Palermo. Nei primi anni di vita dell'Associazione la sede centrale, e la Presidenza, furono itineranti e mutarono ogni triennio, finché nel 1910 si decise di rendere stabile l'ufficio della Sede Centrale nella stessa sede della Sezione di Milano.

Sia la Sezione di Milano, la più numerosa di tutte le Sezioni, sia la sede centrale si dotarono presto di una biblioteca allo scopo di tenere i soci informati sugli sviluppi, allora impressionanti, delle tecnologie dell'elettricità e sulle indagini scientifiche relative.

Il patrimonio iniziale delle due biblioteche, largamente simili, è composto da libri e riviste pubblicati a partire dall'ultima decade dell'Ottocento, con una leggera differenza nella scelta degli ar-

gomenti: per la Biblioteca della Sezione di Milano piuttosto rivolti ai temi dello sviluppo industriale nell'area milanese, mentre per la Biblioteca Centrale a temi riguardanti l'intera nazione.

Per più di un secolo le due Biblioteche convissero e crebbero insieme. Verso la fine del secolo scorso l'affermarsi di nuove tecnologie per la memorizzazione e la consultazione a distanza, la crescita dei costi degli spazi di deposito fisico e altri fattori determinarono una svolta nel destino della Biblioteca della Sezione di Milano prima e della Biblioteca Centrale poi.

Il trasferimento della Biblioteca AEI a Pavia e il nascere del Museo della Tecnica Elettrica

Negli anni '80 presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Pavia, istituito nel 1986, era in corso, per iniziativa del professor Gianfranco Tommazzoli, docente di impianti elettrici e appassionato cultore di storia dell'elettrotecnica, la raccolta a uso didattico di apparecchi, strumenti e documenti dismessi o dimenticati ma utili per costruire il percorso evolutivo delle varie applicazioni elettriche, soprattutto di potenza. Nasceva così quello che fu chiamato Laboratorio storico-didattico di ingegneria elettrica, prefigurazione di un futuro museo. Per tracciare indagini storiche e identificare il grande patrimonio di oggetti, raccolti e spesso salvati da sicura rovina, appariva chiara la necessità di consultare fonti bibliografiche difficilmente reperibili nelle biblioteche pavese e cioè la Biblioteca Centrale dell'Università, utilissima nel documentare le prime indagini scientifiche sull'elettricità di Settecento e Ottocento e la Biblioteca della Facoltà di Ingegneria, istituita nel 1968, capace di documentare lo stato della tecnica elettrica solo a partire dalla seconda metà del Novecento. Fu nel 1988 che, per interessamento del professor Daniele Fabrizi, allora docente di Costruzione di apparecchi elettrici all'Università di Pavia, la Sezione di Milano dell'AEI prese la decisione di

trasferire l'intera sua Biblioteca presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Pavia. Qui la Biblioteca trovò collocazione in diversi armadi metallici che furono disposti dapprima in aule e corridoi per essere poi raggruppati in un apposito locale (Biblioteca storica) adatto anche per la consultazione.

La Biblioteca storica, arricchitasi nel frattempo attraverso numerose altre donazioni, negli anni '90 divenne un centro di animazione di attività culturali, in particolare per la Settimana della cultura scientifica e tecnologica promossa annualmente dall'allora Ministero dell'Università e della



Ricerca Scientifica e Tecnologica. Intanto alla fine di quegli anni '90 anche presso l'Università di Pavia fervevano idee per ricordare i due secoli dall'invenzione della pila elettrica per opera di Alessandro Volta. In particolare, prese piede il progetto di rendere un omaggio permanente all'insigne maestro dell'ateneo pavese, realizzando un museo che fosse una vetrina della varietà delle applicazioni elettriche da Volta in poi. Il progetto, promosso dall'Università e sostenuto dalla Regione Lombardia e da altri enti locali, si completò nel 2007 con l'inaugurazione di un Museo di respiro europeo, anche per l'intervento di esperti dei maggiori musei tecnologici d'Europa. Nel Museo trovarono posto, oltre alla collezione universitaria, le collezioni raccolte da due grandi aziende del settore elettrico, Enel e Sirti, che vennero depositate nel Museo di Pavia. Quest'ultimo poteva contare così di un ingente patrimonio di reperti tecnologici, una parte del quale era offerta ai visitatori mentre la maggior parte era custodita nel deposito per gli studiosi. Negli anni seguenti il patrimonio continuò a crescere per le continue donazioni di aziende e privati.

Biblioteca e Museo, una sinergia

Biblioteca e Museo sono ora due realtà complementari. Libri, carte e oggetti archiviano il sapere, e documentano il produrre tecnologico del passato, remoto o prossimo, in vista del futuro. Si aiutano vicendevolmente.

Nel Museo gli oggetti si vedono nelle loro tre dimensioni fisiche. Ma essi restano anonimi e muti senza la documentazione che li colloca nel loro contesto storico.

Certamente il Museo è più spettacolare e parla più direttamente al largo pubblico. Ma per lo studioso, o anche solo per il curioso, interessato a



Figura 1
La Biblioteca storica della Sezione AEI di Milano, conservata oggi presso il Museo della Tecnica elettrica di Pavia

identificare gli oggetti e a ricostruire la loro storia, la Biblioteca è uno strumento fondamentale.

Al cuore della missione sia del Museo sia della Biblioteca c'è la custodia, e la raccolta continua, di saperi e oggetti tecnologici per conservare, per così dire, la fiamma che li ha animati e non solo le loro ceneri.

In una società come la nostra attuale che pare vivere, o sopravvivere, nel piatto presente, dimentica per lo più del passato e con scarsa ansia per il futuro, i musei e le biblioteche sono imprese controcorrente perché vanno oltre il presente e ricordano che il presente non vive senza la memoria del passato e senza l'attesa del futuro: salvare le testimonianze del passato significa non solo salvare l'identità ma permettere di costruire il futuro su solide basi.

Il Museo e la Biblioteca storica di Pavia hanno l'ambizione di contribuire a questa missione, conservando la continuità tra il passato e il presente. Per questo continuano a crescere, raccogliendo, e talvolta salvando dalla rovina, oggetti, carte e libri, non più utili e produttivi ma presto preziosi per ricostruire il mondo tecnologico in cui viviamo.

La Biblioteca dell'AEI di Milano, il cuore della Biblioteca

La Biblioteca della Sezione AEI di Milano costituisce il fondo principale della Biblioteca storica annessa al Museo. Essa documenta, con compattezza e organicità, lo sviluppo dell'elettrotecnica nei suoi aspetti teorici e applicativi, maggiormente per le correnti forti ma senza trascurare le correnti deboli, dagli anni Novanta dell'Ottocento sino agli anni Settanta del Novecento.

La Biblioteca, che consiste di circa tremila volumi complessivi, si articola in due sezioni: i testi e i periodici.

I testi, anche in altre lingue oltre a quella italiana, trattano generi e temi vari della scienza e della tecnologia elettrica nelle sue diverse declinazioni (elettrotecnica, elettronica, telecomunicazioni, informatica) senza trascurare altri settori dell'ingegneria

(idraulica, elettromeccanica, metallurgia, elettrochimica, elettrotermia). Vi si trovano monografie scientifico-tecniche, trattati ed estratti, libri di testo universitari e scolastici, manuali tecnici a vario livello (dall'operaio elettricista, al perito, all'ingegnere), pubblicazioni aziendali e norme tecniche. L'originale classificazione AEI comprende 33 categorie (Tabella 1). Tra le categorie più numerose si registrano: elettrotecnica generale, elettronica, matematica, misure, trasmissione e distribuzione, elettrofisica, telefonia, radiotecnica, macchine rotanti e impianti. Particolarmente pregevoli sono i testi pubblicati prima del Novecento, alcuni dei quali con firma

▼ **Figura 2**

Riccardo Arnò, *Metodi e strumenti di misura della differenza di fase fra due correnti alternative*, Torino, Unione Tipografica Editrice, 1897. Pubblicazione - omaggio dell'autore - conservata presso la Biblioteca storica della Sezione AEI di Milano

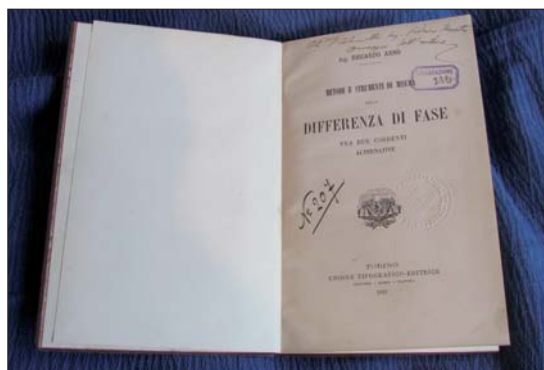


Tabella 1 - Biblioteca AEI di Milano. Numero di testi suddivisi per argomento

Argomenti	n.
Trasmissione e distribuzione	144
Convertitori, raddrizzatori	20
Costruzioni elettromeccaniche	16
Chimica ed elettrochimica	72
Metallurgia	31
Elettrofisica	80
Elettrotecnica generale	288
Idraulica	47
Illuminazione	45
Impianti e centrali	138
Macchine rotanti	142
Materiali	134
Misure	135
Motori primi	50
Radiotecnica	110
Matematica	88
Telefonia e telegrafia	145
Televisione	40
Trasformatori	29
Trazione	47
Apparecchiature	50
Elettronica	218
Riscaldamento	24
Fisica	160
Biografie. Varie	91
Dizionari e manuali	122
Costruzioni. Meccanica	44
Tecnologie elettriche	39
Controllo di qualità	31
Norme	13
Fotografia, cinema. Medicina	6
Automazione	7
Controlli automatici	18

Tabella 2 - Biblioteca AEI di Milano. Titoli delle principali riviste

Il Nuovo Cimento
L'Elettricista
L'Elettricità
L'Elettrotecnica
L'Energia Elettrica
L'Impresa Elettrica
Acta Electronica
Science Abstracts
The Electrician
The Electric Journal
The Electrical Revue
The Electrical World
The Electrical World and Engineer
The Wireless World
Proc. of the Inst. of Electrical Engineers
Revue Générale de l'Electricité
La Lumière Électrique
L'Houille Blanche
L'Onde Électrique
Eclairage Électrique
Elektrotechnische Zeitschrift
Elektrotechnik und Maschinenbau

autografa dell'autore (per es. Gustave Eiffel). Tutti i testi portano la numerazione del vecchio catalogo AEI e del nuovo inventario della Biblioteca storica di Pavia.

Forse ancora più interessante è la sezione dei periodici perché in essa gli storici della scienza, della tecnica, dell'economia e dell'industria possono trovare la "cronaca" del progresso tecnico-scientifico e del suo impatto nella società tra Ottocento e Novecento.

Questa sezione comprende le principali riviste di elettrotecnica, italiane e soprattutto straniere, oltre a riviste di ingegneria di carattere generale. Alcune riviste



Figura 3
Filippo Spani,
Tecnologia
dei materiali
elettrici,
supplemento a
"La Tecnica
Professionale",
Bologna,
Il Resto del
Carlino, 1897.
Pubblicazione
conservata
presso la
Biblioteca storica
della Sezione
AEI di Milano

sono presenti dal numero 1 in poi, altre per un numero consistente di annate. L'elenco delle riviste (Tabella 2) annovera, tra le altre: "L'Elettricista", "L'Elettricità", "L'Elettrotecnica", "L'Energia Elettrica", "L'Impresa Elettrica", "Industria Elettrica", "L'Industria", "L'Ingegnere" per quelle italiane; "La Lumière Électrique", "L'Houille Blanche" per quelle francesi; "The Electrician", "The Electrical Review", "The Electrical World", "The Proceedings of the Institute of Electrical Engineers", "The IEEE Transactions" per l'area anglosassone; "Electrotechnische Zeitschrift" e "Elektrotechnik und Maschinenbau" per il mondo tedesco. Ci sono poi atti di convegni nazionali e internazionali, atti di società scientifiche e numerose riviste aziendali.

Naturalmente è presente la collezione completa delle annate di "L'Elettrotecnica" a partire dalla sua fondazione (1914).

Le riviste, con rilegatura d'epoca, non costituiscono di per sé rarità bibliografiche, ma offrono nell'insieme un quadro ricchissimo e completo

dello stato dell'arte dell'avanzamento di settori tecnologici maturi e del nascere di nuovi.

Infine, c'è una terza sezione nel patrimonio librario trasferito da Milano a Pavia nel 1988. Si tratta di un significativo numero di libri e riviste di argomento chimico. La loro datazione va dalle ultime decadi dell'Ottocento fino a circa il 1940. Emergono, tra le riviste: "La Gazzetta Chimica italiana", "Annuario della Società Chimica Italiana", "Chemiker Zeitung" (dal 1883), "Zeitschrift fur Elektrochemie", "Chemie industrie" e "Chemical and Metallurgical Engineering". L'origine di questa piccola biblioteca di chimica è connessa forse con la Società chimica di Milano, che è praticamente coeva con la Sezione AEI di Milano e che per anni ha condiviso con quest'ultima la sede.

La Biblioteca di Pavia oggi

Al fondo iniziale della Biblioteca storica, costituito dalla Biblioteca della Sezione AEI di Milano, nel corso degli anni si sono aggiunti altri fondi, di minore consistenza, frutto di donazioni di privati e aziende. Tra queste ultime vanno menzionate Tecnomasio ABB, Riva Hydroart e Sirti, mentre nel lungo elenco dei donatori privati si registrano, tra gli altri: Adelchi Zancan, Umberto Ucelli, Carlo Carlostella, Franco Cosci e Aldo Vita Finzi. Non mancano anche acquisizioni di libri, e specialmente riviste, di recente pubblicazione.

La Biblioteca storica al momento contiene oltre 4.000 volumi, tutti praticamente inventariati.

Ogni volume, tra l'altro, riporta la provenienza. Nel caso della Biblioteca AEI di Milano, essa è così identificata "Donatore AEI, 1988". Tuttavia, mentre l'operazione di inventariazione viene effettuata appena dopo l'ingresso dei volumi nella Biblioteca, l'operazione di catalogazione, più delicata, laboriosa e costosa, non è ancora pervenuta a conclusione.

Attualmente la catalogazione secondo lo standard SBN è sospesa in attesa di disporre delle risorse necessarie per completarla.

I volumi sono consultabili direttamente nel locale della Biblioteca storica che fa parte del Museo della Tecnica Elettrica e ne condivide gli orari di apertura, e anche a distanza per quanto riguarda i volumi già catalogati.

La Biblioteca storica è una delle diciassette Biblioteche dell'Università di Pavia (Ateneo, Sistema museale. Museo della Tecnica Elettrica). Il suo catalogo, benché ancora parziale, è parte del catalogo unico pavese ed è accessibile attraverso l'OPAC dell'Università di Pavia.

BIBLIOGRAFIA

[1] R. Galdi, F. Pietra, A. Savini: Due secoli di storia della tecnica elettrica nel nuovo Museo di Pavia, *AEIT*, n. 1-2, 2008, pp. 46-49.

Testimonianze e ricordi di Francesco Iliceto

Francesco Iliceto - *Intervista a cura di Andrea Silvestri*

Una personalità di rilievo universitario e professionale a livello nazionale e internazionale, Francesco Iliceto fornisce una testimonianza di prima mano sulla sua formazione, sulle sue esperienze e sui suoi risultati, dando un più generale quadro dell'ambiente tecnico e accademico di cui è stato protagonista

Francesco Iliceto (Padova 1932) ci parla della sua carriera accademica, del suo impegno di ricerca, delle innovazioni tecniche che ha prodotto, della sua attività di consulente in giro per il mondo in particolare per la Banca Mondiale, con flash significativi sulle sue importanti interazioni con personaggi, organismi, società del nostro e di altri Paesi.

Comincerei dalla tua formazione. Tu sei nato a Padova, hai fatto il liceo a Padova e l'Università a Padova.

Mia madre era di origine veneziana e la mia famiglia viveva a Padova, dove ho fatto gli studi secondari in un liceo scientifico di buon livello, con un professore di latino e italiano che era libero docente all'Università e ottimi insegnanti di materie scientifiche. Mio padre (era del 1892) fu arruolato per la guerra in Libia, dove rischiò di venire ucciso, e poi per la prima guerra mondiale fino al '18, partecipando a quell'evento tragico che l'Italia non meritava.

Che cosa ricordi della Facoltà di Ingegneria di Padova?

Era un'ottima facoltà, in particolare l'Istituto di Elettrotecnica, diretto da Giovanni Someda, aveva un alto prestigio didattico e scientifico. Ho conseguito la laurea in ingegneria industriale sottosezione elettrotecnica nel 1956, svolgendo la tesi con Ciro Di Pieri, ordinario di Costruzione di Macchine Elettriche. A quell'epoca erano assistenti alcuni eccellenti ricercatori, tra i quali Giuseppe Zingales e Luciano Merigliano (che poi fu Rettore dell'Università). Tra i liberi docenti incaricati di corsi ufficiali, ricordo Franco Cappuccini e Lorenzo Maranesi, per l'eccezionale chiarezza didattica. Dopo la laurea non sono rimasto all'Università (avevo perso i genitori e avevo bisogno di guadagnare). Sono andato a Milano dove ho lavorato fino al 1961 per la Società Termoelettrica Italiana (STEI).

La STEI era compartecipata con uguali quote da Montecatini, Edison Volta, AEM, Acciaierie Falck e Agip. All'epoca era a Milano la crema della grande industria. Per la STEI, io mi sono occupato dell'autotrasformatore 220/132 kV della Centrale termoelettrica di Tavazzano, una primizia in Italia (ricordo che fu acquistato al prezzo allora promozionale di 107 milioni di lire).

Erano del resto gli anni della grande industria italiana per la produzione di macchine e apparecchi elettrici, quella di cui oggi si ha solo un pallido ricordo, con fabbriche a Milano, Bergamo, Monselice, Legnano, Monfalcone, Genova, Napoli, Pozzania, ecc.

Dopo questi tuoi primi anni lavorativi in cui subito hai partecipato in prima persona a grandi avvenimenti tecnici, quali altri snodi significativi riterresti opportuno segnalare?

A Roma mi sono poi occupato del collegamento in corrente continua con la Sardegna, il SA.CO.I, e della rete a 220 kV della Sardegna. Lavoravo in una società che era parastatale,

aveva quindi una connotazione politica ma era dotata di un comitato di tre esperti per i progetti di trasmissione dell'energia, di cui italiano era Filippo Neri, Preside della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma, del quale avrò occasione di riparlare; poi c'era un francese, François Cahen dell'EdF (Electricité de France), che era stato il direttore della ricerca e un controllore generale di EdF, e poi era diventato professore all'École Supérieure d'Electricité; e infine un terzo membro inglese, il dott. Lane, in precedenza alto dirigente dell'Ente Nazionale Elettrico Inglese. Con l'approvazione di questo comitato supervi-

sore (io ero il responsabile dell'ufficio tecnico trasmissione), avevo pianificato una linea di trasmissione in corrente continua, dal nord della Sardegna alla Toscana con ritorno della corrente via mare e attraversamento della Corsica con linea aerea, concepita per il trasporto dell'energia da produrre col carbone del Sulcis. Io ero giovane e aperto alle innovazioni. Ero convinto della validità tecnica ed economica dell'utilizzo del mare come uno dei conduttori di una linea monopolare, che fu la prima realizzazione a livello mondiale con corrente così elevata (1.000 A). Il progetto, tuttora in servizio (SA.CO.I), all'epoca fu avversato dall'industria elettrica privata (Edison) e non fu facile ottenere le autorizzazioni per il ritorno di corrente via mare. La realizzazione fu possibile perché la Soc. Terni dell'IRI, il cui amministratore delegato era Arnaldo Maria Angelini, accettò di collegare alla stazione a 220 kV di S. Dalmazio (Toscana) l'elettrodotto in corrente continua proveniente dalla Sardegna.



Figura 1

La centrale termoelettrica di Tavazzano (1952) della STEI in provincia di Lodi, frutto di un consorzio tra AEM, Società Edison, Falck, Agip e Montecatini. "il chilowattora", 15 settembre 1952

Nel frattempo tu eri autore di pubblicazioni pregevoli, talché la strada per rientrare in Università come docente era spianata.

Nel '65 ho conseguito la libera docenza in Impianti elettrici e ho cominciato a insegnare all'Università di Roma. Mi ricordo che la libera docenza quell'anno fu data a me, a Luigi Paris e a Daniele Fabrizi. Nel 1965 ho iniziato a insegnare Elettrotecnica come professore incaricato e ho scritto un libro in tre volumi che dal '66 sono tuttora in uso, per i quali ho sempre rinunciato ai diritti d'autore a favore degli studenti che potevano acquistarli a prezzi inferiori. Ho insegnato Elettrotecnica fino al '71 ma nel '69 ho cominciato a insegnare Impianti; poi sono stato nominato professore ordinario e ho proseguito fino al 2007, quando a 75 anni sono andato in pensione. Nel frattempo avevo tenuto anche il corso di Centrali



Figura 2

Posa dei cavi in corrente continua a 220 kV per il progetto SA.CO.I. Da: 50 anni di industria elettrica italiana, Roma, Enel, 1996

Elettriche per un breve periodo, poi (successivamente al collocamento fuori ruolo) per qualche anno Esercizio dei Sistemi Elettrici.

A proposito di personalità elettrotecniche dei tuoi esordi, hai già citato il prof. Neri. Puoi dirci qualcosa di lui?

Filippo Neri insegnava Impianti Elettrici. In precedenza era stato il titolare della cattedra di Misure elettriche e aveva vinto il concorso per quella disciplina. All'epoca c'erano solo tre ordinari di Impianti Elettrici in Italia: Piero De Pol a Milano, Noverino Faletti a Palermo e Neri a Roma.

Neri era un insigne ricercatore e arrecò importanti contributi originali nel campo delle Misure Elettriche. Aveva un'eccezionale capacità didattica; era molto stimato dagli studenti e dai colleghi. È stato preside della Facoltà di Ingegneria per molti anni e aveva attività esterne di prestigio, anche a livello istituzionale: è stato membro dei Consigli Superiori delle Telecomunicazioni, della Pubblica Istruzione e dei Lavori Pubblici. Aveva una vasta cultura e una profonda rettitudine morale; aveva rapporti umani eccellenti anche se allora nell'ambiente accademico non mancavano antagonismi, in particolare tra Scuole Universitarie diverse.

Durante la contestazione studentesca del '68, quando era il decano della Facoltà, decise di non continuare a fruire del periodo di fuori ruolo e si collocò in pensione. In seguito si era molto isolato. Ricordo Neri con affetto e riconoscenza, come maestro nell'Università e nella vita.

Un altro personaggio che tu hai conosciuto bene, che ha avuto grandi posizioni di responsabilità anche industriale prima e dopo la nazionalizzazione dell'energia elettrica, è stato Arnaldo Maria Angelini.

Angelini era professore di Macchine elettriche, ma se ben ricordo aveva vinto il concorso per Elettrotecnica. Era infatti autore di moltissimi articoli scientifici in entrambi i settori, ma i suoi contributi tecnici e scientifici erano altresì nel campo degli impianti di generazione e trasmissione, maturati nella sua funzione per molti anni anche di dirigente tecnico e poi di amministratore delegato della Soc. Terni. Nel 1963, quando fu istituito l'Enel, ne fu nominato direttore generale. Angelini aveva un'eccezionale versatilità e competenza tecnico-scientifica in molti settori dell'ingegneria. Pur essendo di una generazione precedente alla mia (era del 1909) era molto avvicinabile. Io avevo degli ottimi rapporti con lui, anche quando è stato Presidente e poi Presidente onorario dell'Enel. Allorché scrissi il mio libro sui sistemi elettrici¹, purtroppo arrestatosi al primo volume, e cer-

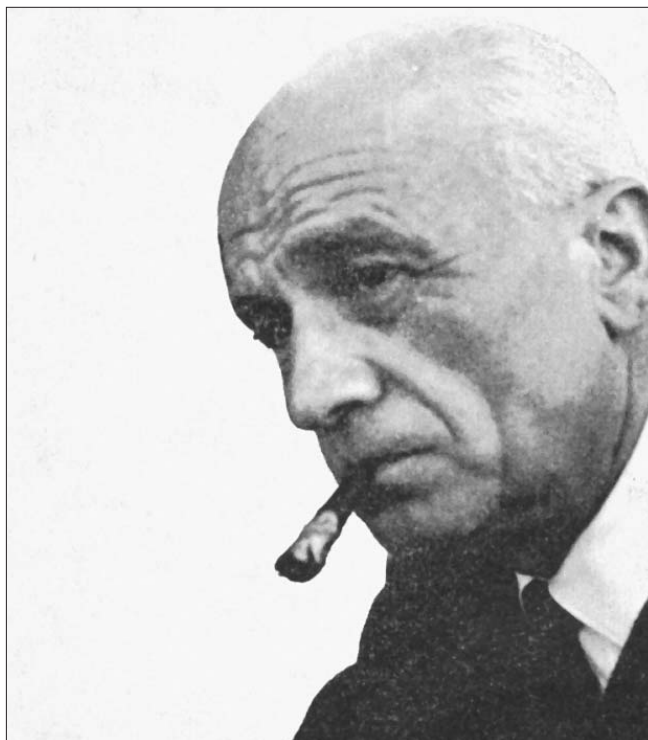
cai di drenare in esso anche le conoscenze acquisite in campo industriale e professionale, Angelini ne ha apprezzato molto il connubio tra teoria e pratica e ha voluto scrivere la prefazione.

E chi sono gli altri impiantisti più o meno della tua generazione?

Tra i professori più anziani, Antonio Paolucci di Padova (e piangiamo proprio in questi giorni la sua scomparsa, il 28 giugno 2014), Dino Zanobetti di Bologna, il compianto Luigi Paris di Pisa (ma in precedenza con posizioni di grande responsabilità anche nei Centri di Ricerca dell'Enel). Pochi anni meno di me hanno i professori Francesco Gagliardi di Napoli e Vincenzo Cataliotti di Palermo.

Numerosi sono gli impiantisti italiani della mia generazione che hanno contribuito allo sviluppo e gestione dell'industria elettrica e delle costruzioni elettromeccaniche e con i quali ho avuto rapporti di lavoro e amicizia. Mi limito a ricordarne soltanto tre, che sono stati miei compagni di corso all'Università di Padova: Giorgio Bertagnolli, noto esperto e progettista di trasformatori (Italtrafo, ABB), Massimo Cadeddu, che ricoprì ruoli di alta responsabilità tecnica nell'Enel e Gianluigi Furioli che contribuì per molti anni allo sviluppo e crescita tecnica del CESI.

¹ F. Illiceto, *Impianti elettrici*, vol. 1, Bologna, Casa Editrice Patron, 1981.



▲ Figura 3
Filippo Neri (1897-1976)

Dicci qualcosa dei tuoi rapporti con i mondi dell'associazionismo e della normazione?

Mi è stata assegnata dall'AEI nel 1999 la medaglia d'oro Galileo Ferraris, che era destinata ogni anno alternativamente alle correnti deboli e alle correnti forti. Sempre nell'AEI sono stato presidente per molti anni del Gruppo Produzione e Trasmissione dell'Energia. Durante il mio mandato ho preso l'iniziativa di suddividerlo in due, stante la vastità e l'importanza dei due settori. Sono *fellow* dell'IEEE dal 1985, sono *Membre Eminent* della CIGRÉ di cui sono membro individuale dal '64. Nel CEI sono stato a lungo Presidente del Comitato Tecnico 106 sugli effetti dei campi elettromagnetici sugli organismi umani, entro il quale tu e io abbiamo direttamente collaborato, perché eri il Presidente del Sottocomitato per le frequenze industriali. Ho fatto parte anche di un comitato tecnico della IEEE.

Conoscendo la tua competenza professionale, vorrei che tu stesso ci parlassi un poco delle innovazioni tecniche da te proposte che sono state applicate industrialmente.

Come tu mi chiedi, citerò soltanto le innovazioni che hanno avuto applicazioni industriali in vari Paesi esteri.

Negli anni '80, ho proposto e sperimentato per la Volta River Authority (Ghana), un nuovo sistema



▲ Figura 4
Arnaldo Maria Angelini (1909-1999)

di elettrificazione rurale di minimo costo, adatto per i paesi in corso di sviluppo: lo Schema a Funi di Guardia Isolate, al cui sviluppo e analisi ha contribuito con me Enrico Cinieri e, in una seconda fase, Fabio Gatta. Lo schema consiste nell'isolare per MT (usualmente 33 kV o 34,5 kV) la(i) fune(i) di guardia delle linee di AT e nell'utilizzare la terra come un conduttore di fase, creando così una linea di MT, che è trifase se la linea di AT è dotata di due funi di guardia, o monofase se è presente una sola fune di guardia. La linea di distribuzione così formata viene alimentata in MT dalla stazione AT/MT a una estremità della linea di AT e alimenta, tramite trasformatori MT/BT, i villaggi, le stazioni di pompaggio, le fattorie, ecc. ubicati lungo il tracciato della linea di AT, o anche a una certa distanza dalla linea AT, tramite linee di derivazione (a 2 o 1 conduttori isolati se la distribuzione è trifase o monofase).

Nei paesi tropicali ad alto livello ceraunico in molti casi le linee AT sono schermate da due funi di guardia che consentono l'elettrificazione con lo schema predetto in trifase, che è quella preferita anche dalle comunità rurali. Due terminali MT dei trasformatori MT/BT sono connessi alle due funi di guardia isolate; il terzo terminale è connesso a terra (3° fase), tramite i locali dispersori di terra di protezione. Gli isolatori delle funi di guardia sono di regola del tipo a sospensione, dotati di robuste corna spinterometriche per la scarica a terra delle correnti di fulmine. L'isolamento per MT non riduce apprezzabilmente il grado di protezione contro il fulmine della linea di AT.

Una linea MT in cui una fase è la terra è essenzialmente non simmetrica. Essa viene simmetrizzata trasversalmente tramite tre condensatori di rifasamento MT, dissimmetrici in modo complementare e opportunamente ubicati lungo la linea, che eliminano anche il rischio di risonanza per l'accoppiamento elettromagnetico delle funi isolate con i conduttori di AT. La simmetrizzazione longitudinale si esegue, se necessaria, nella stazione AT/MT con un semplice circuito serie R-L inserito nel collegamento alla rete di terra di una fase dell'alimentazione trifase a MT. Le reti di BT nei villaggi sono di tipo convenzionale.

Il raggio d'azione di una linea trifase così formata con funi di guardia in alluminio-acciaio da ~ 100 mm², esercita a 34,5 kV può superare 100 km e la potenza distribuita può raggiungere 4-5 MW. L'investimento per portare l'energia in MT ai villaggi lungo la linea AT è di circa il 15% del costo di una linea equivalente convenzionale dedicata di MT; l'impatto ambientale e il costo di manutenzione sono quasi eliminati.

Applicazioni sono state fatte in vari paesi dell'Africa sub-sahariana, in Sud America (Brasile) e in Estre-

mo Oriente (Laos). La qualità del servizio è equivalente a quella delle linee di MT convenzionali.

Un'altra mia innovazione sono state le reattanze shunt di AT con potenza reattiva variabile, anche dal 50% al 100%, tramite appropriati avvolgimenti a prese e commutatori sotto carico. Vengono utilizzate per la regolazione di tensione e modulazione della potenza reattiva in presenza di carichi non rapidamente variabili, invece dei più costosi e complessi compensatori statici a tiristori o Stacom, inadatti per le regioni isolate dei paesi in corso di sviluppo. Ne proposi l'applicazione nella metà degli anni '80, nel mio progetto di una linea radiale a 161 kV lunga ~ 800 km per l'elettrificazione delle regioni centrali e del Nord del Ghana. 5 reattanze shunt trifasi di potenza variabile dal 50% al 100% sono state progettate su mia specifica tecnica da Armando Babare (purtroppo recentemente scomparso) e Giorgio Bertagnolli, estendendo opportunamente le tecnologie in uso per i trasformatori. Furono fabbricate in Italia e sono tuttora in servizio senza problemi. Un prototipo fu provato a "fatica" prima della spedizione in Ghana con qualche decina di migliaia di scatti del commutatore in una stazione a 150 kV dell'Enel. Ne sono seguite molte applicazioni all'estero (qualcuna anche in Italia); parecchie sono trifasi per tensione di 420 kV e potenza fino a 250 Mvar. I commutatori sottocarico sono di tipo commerciale. La messa in tensione (peraltro poco frequente quando possono restare in servizio a potenza minima) si esegue alla potenza minima (tutte le spire inserite e bassa induzione magnetica nel nucleo), eliminando così la sovracorrente di inserzione e minimizzando la variazione brusca di tensione nel sito di inserzione. L'esercizio a potenza ridotta consente una forte riduzione delle perdite e del rumore acustico. Le reattanze di potenza variabile sono state inserite nell'ultima edizione delle norme IEC 60076-6 sulle reattanze.

Una mia innovazione sono stati i sistemi di protezione speciali (*Special Protection Systems* - SPS, chiamati anche *System Integrity Protection Schemes*) che sono stati realizzati in Turchia per il parallelo sincrono con la rete europea continentale dell'ENTSO-E. Alcune informazioni su queste protezioni speciali e su altre innovazioni saranno date in risposta alla tua successiva domanda.

Un'altra innovazione che ha avuto applicazioni nelle reti di trasmissione sono gli autotrasformatori AAT/AT dotati di regolazione sottocarico in fase e anche in quadratura, intesi ove possibile a essere usati in luogo di ordinari autotrasformatori con regolazione in fase connessi in serie con unità se-

parate di regolazione in quadratura (trasformatori sfasatori). La regolazione in quadratura per angoli limitati (fino a $\pm 8-10^\circ$) è realizzata con un avvolgimento di regolazione connesso lato neutro a terra: alla fase B dell'avvolgimento comune viene connesso in serie l'avvolgimento di regolazione avvolto sulla fase A oppure, tramite commutazione, quello avvolto nella fase C, secondo il segno dell'angolo di sfasamento da realizzare, e così in sequenza per le altre fasi. Stanti gli sfasamenti realizzabili tra l'avvolgimento comune e quello di regolazione di $\pm 120^\circ$ o $\pm 60^\circ$, alla regolazione in quadratura si associa una piccola regolazione in fase (a flusso variabile), che può essere utilmente usata. La regolazione in fase è ottenuta con un avvolgimento di regolazione connesso alla linea AT (a flusso costante), per evitare la concentrazione di entrambe le regolazioni lato neutro.

4 unità trifasi da 200 MVA - 330 kV/161 kV $\pm 10\%$ - $\pm 7^\circ$, progettate e fabbricate in Italia secondo la mia specifica tecnica, sono in servizio dal 2010 nella rete della GRIDCo del Ghana. L'adeguatezza dell'isolamento degli avvolgimenti di regolazione è stata verificata con un generatore di impulsi di bassa tensione, nella 1ª unità fuori cassa. Sono stati usati commutatori sottocarico di tipo commerciale. In seguito a un articolo CIGRÉ che ho pubblicato con il progettista degli autotrasformatori, vari simili autotrasformatori con doppia regolazione sono in corso di realizzazione da parte di fabbricanti cinesi (alcuni sono già in servizio).

Siamo arrivati a parlare della Turchia, dove la tua attività professionale è di lunghissima data e con risultati eccellenti.

Sono consulente per il sistema elettrico della Turchia da 46 anni. Quando ho iniziato, nel 1968, la rete elettrica a 154 kV serviva soltanto le città importanti; una grande percentuale della popolazione (allora era di 35 milioni) era senza elettricità nelle case. Il carico di punta nazionale era di ~ 1.500 MW. Ora il carico di punta è di 41.000 MW con consumo annuo di ~ 250 TWh. La popolazione è di ~ 75 milioni, la superficie è di 780.000 km² e da molti anni circa il 100% è dotato del servizio elettrico. In tanti anni di consulenza tecnica, ho contribuito all'espansione e modernizzazione del sistema di trasmissione, che comprende ora ~ 17.000 km di linee a 400 kV e ~ 36.000 km di linee a 154 kV. Ho anche fornito assistenza per la parte elettrica degli impianti di generazione, la cui potenza installata è ora di ~ 64.000 MW (~ 1/3 idroelettrico; ~ 1/3 termoelettrico a gas naturale; ~ 1/3 a carbone e altro).

La più recente innovazione che ho realizzato in Turchia sono i già citati Sistemi di Protezione Speciali (SPS), che si sono resi necessari per evi-

tare la propagazione delle perturbazioni del servizio dalla Turchia ai paesi confinanti nel parallelo sincrono con il sistema elettrico europeo. La rete turca è collegata alla rete bulgara con due linee a 400 kV e alla rete greca con una linea a 400 kV. I Paesi balcanici hanno una rete a 400 kV a configurazione longitudinale connessa con la rete dell'Europa occidentale. L'estensione del parallelo sincrono tra il Portogallo e l'est della Turchia è ~ 5.000 km.

L'Ente statale di trasmissione, TEIAS, ha difficoltà a realizzare in tempo le linee di connessione dei numerosi nuovi impianti di generazione al passo con l'elevato aumento del carico nazionale (7-8% per anno) e, d'altro lato, perché l'ubicazione degli impianti termoelettrici di aziende private a combustibile importato, è scelta spesso in località lontane alcune centinaia di chilometri dai carichi da servire, prescindendo dalle esigenze di trasmissione dell'energia che è quasi totalmente a cura e spese dell'ente statale. A ciò si aggiunge la rapidità di realizzazione degli impianti privati di generazione: gruppi a carbone importato da 600 MW realizzati da imprese cinesi in soli 30 mesi! Tempi più brevi sono usuali per le centrali a ciclo combinato a gas. Questo stato di cose ha determinato in alcune regioni ritardi di costruzione delle linee di trasmissione rispetto agli impianti di generazione, per cui le poche linee disponibili non soddisfano in quelle regioni la sicurezza di esercizio (N-1). In un caso, una centrale a carbone da 1.400 MW è attualmente connessa alla rete nazionale tramite una sola lunga linea a semplice terna a 400 kV, in attesa del completamento di una seconda linea parallela.

Avviene così che un guasto in una linea a 400 kV può causare una grande improvvisa perdita di generazione. Il deficit di potenza viene compensato nei primi istanti dall'inerzia delle masse rotanti in

Turchia, che rallentano e causano una variazione dell'angolo di trasmissione elettrico rispetto all'Europa occidentale, per cui dopo circa 2 secondi l'80-85% del deficit di potenza in Turchia è compensato dalla trasmissione di "solidarietà" proveniente quasi tutta dall'Europa occidentale. Questa potenza transita attraverso la rete relativamente debole dei Balcani e può causare sovraccarichi intollerabili o anche scatti in cascata in caso di perdita del sincronismo. La regolazione primaria non cambia la situazione dei transiti, perché interviene nei sottosistemi interconnessi quasi proporzionalmente alle inerzie cinetiche. Le regolazioni secondaria e terziaria riportano i transiti ai valori di programma in 10-15 minuti, troppo tardi per prevenire la perdita del sincronismo o la separazione per sovraccarico.

L'SPS è installato in Turchia nelle due stazioni a 400 kV di interfacciamento con le reti bulgara e greca. Le potenze attive in transito nelle tre linee di interconnessione, aggiornate ogni 50 ms, sono trasmesse al calcolatore principale del SPS, che ne fa la somma algebrica, $\Sigma P(t)$, ne calcola la derivata prima e il relativo valore medio ogni 1,5 s ($\Sigma P(t)/dt|_{1,5}$). Se questo valore medio e $\Sigma P(t)$ superano preassegnate soglie (MW/s e MW) e il loro segno indica aumento dell'importazione in Turchia, l'SPS telecomanda, tramite le fibre ottiche delle funi di guardia, il distacco del carico in 12 stazioni 154/34,5 kV, in 3 blocchi di ~ 400 MW ciascuno: vengono distaccati contemporaneamente (in ~ 1,5 s dall'inizio della perturbazione) 1, 2 o 3 blocchi di ~ 400 MW secondo l'entità del deficit di generazione calcolato. Viene così drasticamente ridotta in meno di 2 s la potenza importata in emergenza. L'esperienza di molte perturbazioni ha confermato che è stata così evitata la instabilità e la separazione della Turchia dall'ENT-



Figura 5

Il prof. Andrea Silvestri (a sinistra) e il prof. Francesco Iliceto (a destra) durante l'intervista svoltasi il 19 dicembre 2013 presso la Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università "La Sapienza" di Roma

SO-E, ed è stato reso molto piccolo il disturbo agli altri Paesi membri dell'ENTSO-E. I carichi distaccati vengono rialimentati in sequenza dopo qualche minuto, in armonia con l'intervento della regolazione secondaria. Nel caso di una grande improvvisa perdita di carico l'SPS telecomanda tramite le fibre ottiche il distacco di unità generatrici che sono automaticamente accertate essere in servizio, con priorità in 3 centrali idroelettriche dell'est della Turchia e, se risultasse insufficiente la potenza distaccata nelle predette centrali idroelettriche, l'SPS teledistacca, secondo un preciso ordine di priorità, anche qualche unità in tre centrali turbogas. Sono suscettibili di distacco 3 blocchi di generazione da ~ 400-500 MW ciascuno, secondo l'entità della perdita di carico. Le coppie delle soglie di taratura per l'intervento dell'SPS sono complessivamente 24.

Questo SPS ha anche altre importanti funzioni, per far fronte a perdite grandi ma lente di generazione e di carico non rilevate dalla funzione più sopra descritta, e per il monitoraggio delle oscillazioni inter-area tra l'Europa occidentale e la Turchia, che hanno una frequenza di ~ 0.13 Hz (periodo di 7-8 sec). Se eventuali oscillazioni si amplificano oltre un'assegnata ampiezza, l'SPS comanda l'apertura di tutte le tre linee di interconnessione per evitare i distacchi in cascata per instabilità. Questo intervento non si è mai verificato in 3 anni di esercizio, perché le oscillazioni inter-area sono rapidamente smorzate dai PSS a due grandezze di ingresso dei gruppi generatori, dall'ottimizzazione dei parametri dinamici dei regolatori di velocità dei gruppi generatori e, non ultimo, da un nuovo sistema che ho proposto e fatto realizzare in Turchia: esso consiste nel compensare in Turchia le oscillazioni di potenza inter-area, tramite la modulazione sincronizzata (del 4-6%) della potenza attiva assorbita da 4 forni ad arco da ~ 200 MW ciascuno, ottenuta tramite la modulazione (del 2-3%) della tensione di alimentazione dei forni, a sua volta realizzata modulando la potenza reattiva generata dai compensatori statici a tiristori da 320 Mvar di ciascun forno.

Recentemente sono stati messi in servizio in Turchia altri due SPS da me progettati, nella regione orientale del Mar Nero e nella regione a sud del Mar di Marmara, ove la generazione supera di un ordine di grandezza il carico e, per i ritardi di costruzione delle nuove linee di trasmissione, non è soddisfatta la sicurezza (N-1). Mi limito a informare che, in caso di guasto in una linea locale di trasmissione a 400 kV, questi SPS realizzano con complesse misure ed elaborazioni numeriche, in un tempo da 100 a 300 ms, il distacco di qualche

generatore e il blocco per 300 ms di una stazione di conversione "Back-to-Back" sita in Georgia che esporta in Turchia fino a 700 MW. Si evitano così il blackout regionale, la separazione dai Paesi balcanici e l'alleggerimento automatico del carico in Turchia.

L'ENTSO-E ha molto apprezzato l'impiego con successo degli SPS, perché compensano, o perlomeno mitigano, in Turchia le conseguenze delle purtroppo frequenti perturbazioni interne al paese, evitando la separazione e minimizzando il disturbo alle reti dei paesi vicini.

Per la rete della Turchia ho anche studiato e applicato molti anni or sono per la prima volta la limitazione delle tensioni transitorie di ritorno (TRV) degli interruttori delle linee a 400 kV dotate di condensatori in serie, tramite resistenze a ossido di zinco connesse in parallelo ai contatti degli interruttori di linea. Un'altra mia innovazione è stata l'uso per le stesse linee dotate di condensatori serie installati nelle stazioni alle estremità di linea, di teleprotezioni con relè distanziometrici a confronto di direzione (tramite onde convogliate), anziché di relè a confronto di fase (con ponti radio, non disponibili in Turchia) fino ad allora in uso nel Nord America (non esistevano ancora le protezioni differenziali di linea e le funi di guardia a fibre ottiche).

Veniamo all'altra tua lunga e impegnativa attività per la Banca Mondiale.

La Banca Mondiale è *International Bank for Reconstruction and Development* - IBRD. Il suo compito principale è di finanziare progetti in tutti i settori industriali, su infrastrutture stradali, portuali, elettriche, telefoniche, per lo sviluppo dei Paesi. A tal fine ha una struttura con consulenti esterni per valutare i progetti dal punto di vista tecnico e anche con attenzione - naturalmente - per la loro sostenibilità economica. È in generale il contrario di quella insana tendenza dei *big spenders*, che era di certi Paesi e di certi dittatori.

Sono stato consulente tecnico complessivamente in 29 paesi, in parte su richiesta della Banca Mondiale, in parte di Enti Elettrici Nazionali, e in qualche caso della BEI (Banca Europea per gli Investimenti), della Inter American Development Bank e di Società di Consulenza Europee.

La parte elettrica che consistenza ha?

È importante: centrali elettriche, reti di trasmissione e di distribuzione pubblica, sistemi di controllo, così come tutte le infrastrutture. Nell'Africa sub-sahariana ci sono Paesi dove tuttora solo il 3% della popolazione rurale ha l'elettricità in casa, con medie nazionali che sono soltanto del 10-

15%. La Banca Mondiale ha valutato che in Africa 585 milioni di persone sono senza elettricità a casa e sono soprattutto nell'Africa sub-sahariana, mentre il Nord Africa è elettrificato. Nei Paesi dell'Africa sub-sahariana le soluzioni proposte per l'elettrificazione rurale devono usare tecnologie di basso costo anche se non assicurano un'alta continuità del servizio, perché nelle regioni rurali sottosviluppate interruzioni temporanee possono essere tollerate, rispetto all'assenza di alimentazione elettrica.

La Banca Mondiale ha recentemente organizzato giornate di studio, corsi di formazione ed è aperta al finanziamento per le tecniche di elettrificazione rurale a basso costo in Africa, in particolare con linee a MT monofasi a un solo conduttore e ritorno via terra (*Single Wire Earth Return - SWER*), e con lo schema a funi di guardia isolate delle linee di AT (*Shield Wire Scheme - SWS*). Si devono anche applicare le costruzioni di tipo più economico per le reti di bassa tensione: pali di legno locali, conduttori nudi di alluminio, cabine MT/BT su palo semplificate, protezione con fusibili lato MT e BT, ecc.

Ma i consulenti della Banca possono essere anche società, invece che personalità di chiara fama come te?

Spesso sono singoli esperti che vengono chiamati a controllare e a fare una revisione dei progetti proposti per il finanziamento. Ad esempio, alcuni anni or sono la Banca Mondiale mi ha chiesto di valutare un progetto di trasmissione su circa 1.200 km tra il Mali, il Senegal e la Mauritania proposto da un consorzio di rinomate società di consulenza, e ritenuto dalla Banca non economico. Mi aveva anche chiesto di proporre, se fattibile, un progetto alternativo di minor costo. La soluzione tecnica (totalmente diversa) di costo drasticamente ridotto che ho studiato e proposto è stata ritenuta soddisfacente ed è stata realizzata dall'*Organisation Pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal* (OMVS). Ricordo anche una mia relazione molto critica su un progetto indiano grandioso, in un Paese dove centinaia di milioni di persone vivevano in povertà: i proponenti erano tra i *big spenders*!

Mi pare che anche la tua collaborazione con la Turchia sia partita attraverso la Banca Europea degli Investimenti, che doveva finanziare i primi progetti sull'Eufrate e richiedeva un riscontro da parte tua.

Andai inizialmente in Turchia, nel 1968, come consulente della BEI per controllare l'esecuzione dei lavori della centrale di Keban sull'Eufrate. L'Ente Elettrico Statale che gestiva la modesta rete elet-

trica turca dell'epoca mi propose l'incarico di consulente tecnico per lo sviluppo del sistema elettrico nazionale. Io accettai e rinunciai alla proposta di diventare consulente a tempo indeterminato della BEI, perché preferivo eseguire io stesso la pianificazione e l'ingegneria di dettaglio, anziché verificare (ed eventualmente criticare) i progetti fatti da altri. Ha avuto così inizio la consulenza in Turchia che è durata senza interruzioni ed è tuttora in corso (dopo 40 anni il mio contributo allo sviluppo del sistema elettrico turco è stato festeggiato ad Ankara). Ho sempre avuto eccellenti rapporti umani in Turchia. Una cosa di cui mi rammarico è di non avere imparato la lingua turca.

È in atto da decenni un contratto tra l'Ente Elettrico Turco e l'Università di Roma per il mio servizio di consulenza. Ho coinvolto l'Università anche in altre consulenze con paesi esteri. Tutte queste consulenze, in generale per Enti Elettrici statali, hanno sempre avuto un elevato contenuto tecnologico e scientifico. Penso che, pur essendo stato professore a tempo definito per molti anni, l'attività di consulenza è stata ugualmente valutata per la mia nomina a professore emerito, un titolo che, secondo una regola restrittiva della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma "La Sapienza", può essere detenuto da non più del 5% dei professori ordinari in servizio.

Dato che siamo tornati all'università, secondo il tuo percorso così connotato nel senso della sinergia tra attività scientifica e professionale, quali sono stati i tuoi allievi?

Sono stati Alfonso Capasso, Enrico Cinieri e Fabio Massimo Gatta.

Vorrei che tu chiudessi illustrando una tua, recente e generosa, iniziativa benefica: dove si fondono, mi pare, il tuo eccezionale talento di uomo di scienza e di professione, e le tue esperienze in Paesi in via di sviluppo; e dove forse la nostra Associazione potrebbe avere parte.

Sì, dal 2009 ho fondato una associazione socio-culturale per borse di studio e c'è già un fondo consistente. Da ragazzo avevo perso i miei genitori; mi sono laureato avendo ricevuto delle borse di studio. Ora sono in grado di aiutare altri e lo sto facendo. Infatti per l'attività che svolgo ancora all'estero i compensi sono versati, almeno per certi Paesi, sul conto di un'Associazione che è registrata all'Agenzia delle Entrate e servirà per borse di studio per studenti o ricercatori meritevoli della nazionalità corrispondente alla provenienza dei fondi. Come accennavi tu, è possibile che della gestione dei premi si potrà occupare

Soc. AN. COSTRUZIONI ELETTRICHE - BIASCA

TELEFONI: 33-67 - MILANO - VIA SENATO, 24

FABBRICHE: SVIZZERA - BIASCA
ITALIA - MILANO

Ing. VITTORIO ARCIONI

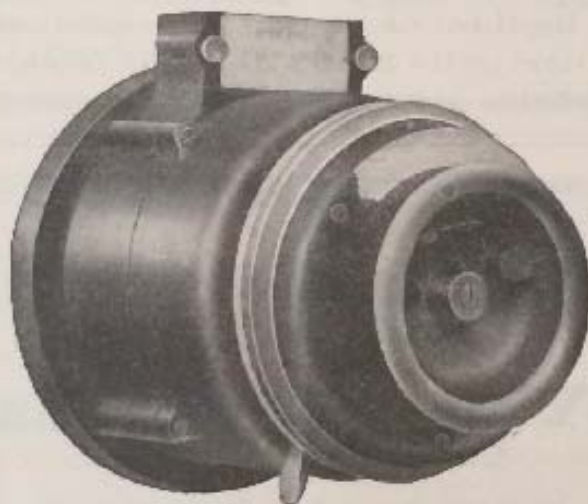
Apparecchio di protezione

contro i pericoli delle sopratensioni nelle reti secondarie

(Brevettato nei principali Stati)

PREMIATO CON MEDAGLIA D'ORO e L. 800 al Concorso Internazionale 30 Giugno 1905, bandito dalla Associazione Industriale d'Italia per prevenire gli infortuni sul lavoro - Commissione presieduta dal Prof. G. Kapp (Presidente dell'Associazione Elettrotecnica Inglese).

Adottato da numerose Società
d'esercizio e da numerosi utenti



Referenze a disposizione
Chiedere listini speciali

TIPO PER IL COMANDO MECCANICO DEGLI INTERRUTTORI

Si applica con facilità a qualunque impianto esistente, senza spese accessorie o cambiamenti - Offre la più assoluta garanzia d'incolumità per le persone che hanno impianti elettrici.

Altri prodotti SAZEB

Trasformatori - Riduttori - Ventilatori X X X X
X X X Teleidrografi - Apparecchi Termo-elettrici

CHIEDERE LISTINI SPECIALI

— SOCIETÀ CERAMICA —

RICHARD-GINORI

Capitale interamente versato L. 10.000.000

**ISOLATORI**

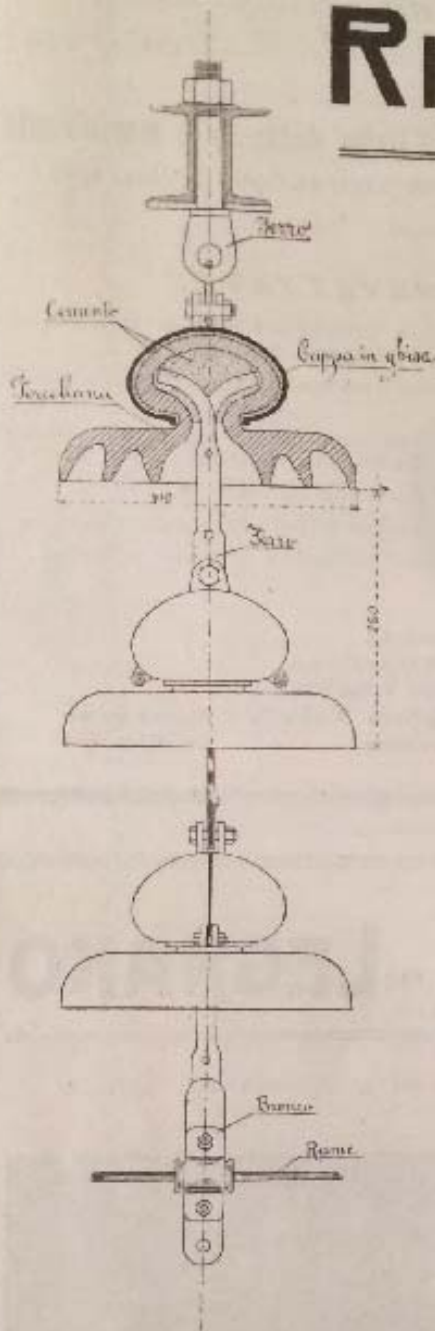
in porcellana durissima per linee ad
Alto potenziale

per linee di contatto - per trazione
elettrica - per Telegrafi e Telefoni.

Isolatori a sospensione in serie a conca-
tenamento metallico indissolubile per linee
ad altissimo potenziale



L'isolatore a sospensione qui riprodotto non avendo gli in-
convenienti derivanti dal collegamento a funi metalliche, presenta
il vantaggio che la concatenazione meccanica non viene a mancare
anche quando tutto il materiale cementizio e isolante è comple-
tamente scomparso.

**Depositi speciali per la Vendita:****MILANO**

Sezione Industriale

21 - Via Bigli - 21

DOCCIA

(Sesto Fiorentino)

NAPOLI

Sezione Industriale

Via S. Brigida, 39



ERCOLE MARELLI & C. - MILANO

STABILIMENTI IN SESTO S. GIOVANNI

Costruzioni Elettriche

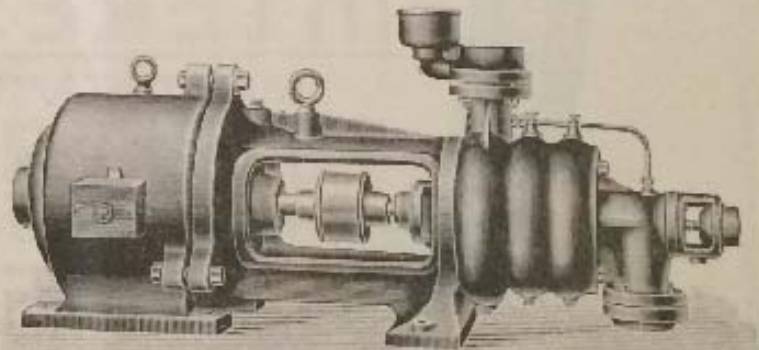
Ventilatori - Motori - Pompe - Trasformatori

FILIALI:

Torino - Genova - Bologna - Firenze - Padova - Napoli - Messina - Parigi - Bruxelles - Berlino
 — Vienna - Madrid - Londra - Buenos Aires - Rio de Janeiro - Montevideo —

Impianti completamente automa-
 tici di sollevamento e distribu-
 zione d'acqua per uso Domestico
 Agricolo e Industriale

con ELETTOPOMPE
 CENTRIFUGHE 'MARELLI,



∴ IMPIANTI DI VENTILAZIONE INDUSTRIALE ∴

LUCE e FORZA

Impianti per trasporti di forza a qualunque tensione.

Turbo generatori e Turboalternatori.

Impianti elettrochimici.

Trasformatori con raffreddamento, ad olio e ad aria.

Motori speciali per qualunque industria.

Quadri di distribuzione completi - Interruttori, apparecchi, ecc. per qualunque tensione.

TRAZIONE

Studio ed esecuzione di impianti per Tramvie.

Ferrovie normali a grande velocità, sotterranee, sopra-elevate, so spese.

Impianti di trazione per miniere. Applicazione dei sistemi a corrente continua, a bassa ed alta tensione, monofase e trifase.



MATERIALE D'IMPIANTO

Generatori e Motori - Conduttori e cavi

Lampade ad arco per corrente continua ed alternata - Lampade ad arco a lunga durata (100 ore). Contatori normali a doppia tariffa, a massima richiesta differenziali automatici.

Materiale per installazione d'ogni genere.

Lampade a filamento metallico trafilato marca **Wotan** con un consumo specifico di ca. 1 Watt per candela - risparmio 75% e marca **Tantal** con un consumo specifico di ca. 1.5 Watt per candela risparmio 60%. Massima resistenza alle scosse - Luce bianchissima.

Le suddette Lampade vengono fornite in costru-

zione speciale per ferrovie, tramvie, piroscafi e simili servizi. - Per le lampade **Tantal** di questa costruzione speciale, il consumo specifico è di 2 Watt, mentre per le **Wotan** rimane di ca. 1 Watt.

UFFICI TECNICI:

CATANIA - Via Pacini, 2.

FIRENZE - Via 27 Aprile, 8.

GENOVA - Via XX Settembre, 6-7.

NAPOLI - Via S. Lucia, 15.

PALERMO - Via Roma (angolo Via Monieleone).

ROMA - Corso Umberto I, 337.

TORINO - Via Ottavio Revel, 20.

Ufficio Riparto navale: SPEZIA - Via Chiodo, N. 2

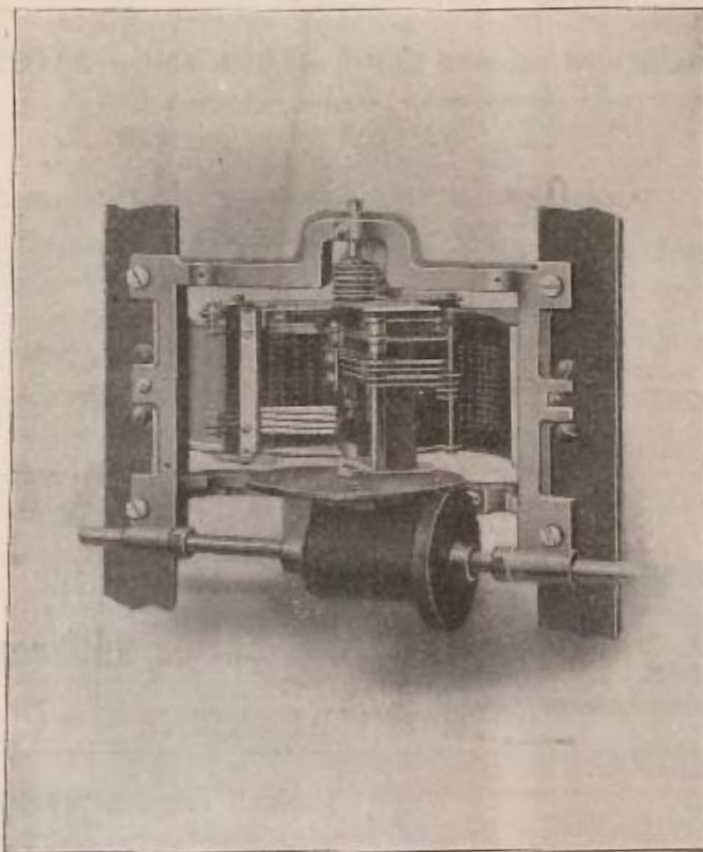
I materiali SIEMENS-SCHUCKERT

si trovano in vendita presso tutti i grandi installatori e rivenditori

TELEFONIA AUTOMATICA

Western Electric

≡ Qualità superiore universalmente riconosciuta ≡



Cerchiatore di linea del Commutatore Meccanico per Centrali Telefoniche Automatiche e Semi-Automatiche.

Servizio rapido
perfezionato ed e-
conomico con per-
sonale ridotto :: ::
Più di 6.000.000
:: apparecchi ::
Western oggi in
servizio :: :: :: ::



Sistemi Telefonici
speciali per Ferro-
vie, Miniere Navli-
gazione, Linee di
trasporto di ener-
gia, militari, ecc. ::

WESTERN ELECTRIC ITALIANA

New York - Chicago - Phila-
 delphia - Boston - Atlanta - Saint
 Louis - San Francisco - Montreal
 - Sydney - Tokyo - Buffalo -
 Pittsburg - Indianapolis - Cin-
 cinnati - Minneapolis - St. Paul

ROMA - MILANO
 Anversa - Berlino
 Londra - Parigi
 Pietroburgo - Roma
 ——— Milano ———

- Milwaukee - Kansas City -
 Denver - Dallas - Omaha -
 Oklahoma City - Oakland - Los
 Angeles - Seattle - Salt Lake
 City - Portland - Toronto - Vinn-
 peg - Vancouver - Johannesburg.

1985



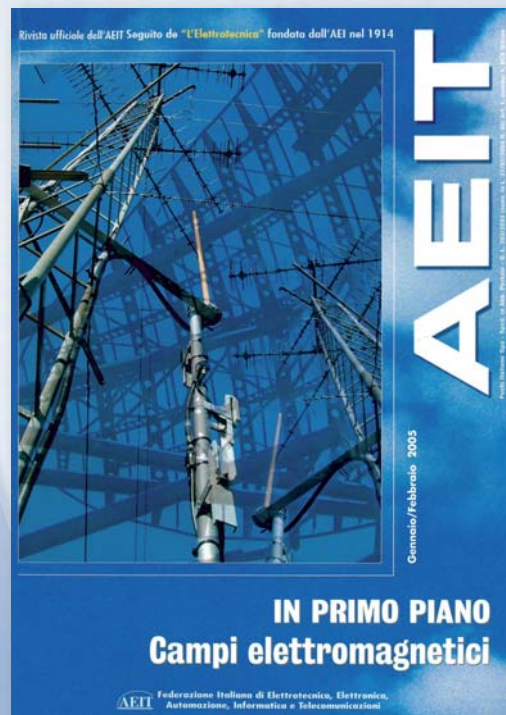
2000



1993



2005

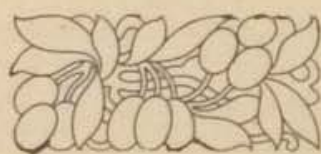
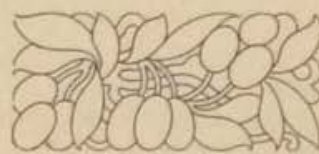




Società per le industrie della gomma

elastica, della guttaperca, dei fili

e Cavi Elettrici ed affini



PIRELLI & C.

Stabilimenti:

MILANO :: BICOCCA :: SPEZIA-VILLANUEVA :: Y GELTRU (Spagna)

Espos. Buenos Ayres 1910 - 3 Grand Prix - 5 diplomi d'onore

... Esposizione Bruxelles 1910 - 2 Grand Prix ...

Conduttori Elettrici isolati

per qualsiasi applicazione

Aerei - Sotterranei - Subaquei



Cavi telegrafici e telefonici

