

Vocabolario Elettrotecnico

Oltre 500 termini italiano / inglese 11
appendici specialistiche.

Armando Martin - Veronica Merenda

Senza l'elettrotecnica il mondo sarebbe diverso da come lo conosciamo. L'elettrotecnica è una branca fondamentale dell'ingegneria che si occupa delle applicazioni pratiche dei fenomeni elettrici. Secondo una definizione risalente ai primi anni 1940 del ventesimo secolo, gli argomenti di specifico interesse dell'elettrotecnica sono individuati da quei dispositivi, circuiti e applicazioni che rientrano nella "*tecnica delle correnti forti*", in contrapposizione alla "*tecnica delle correnti deboli*" afferente all'elettronica.

La parte generale dell'elettrotecnica ha per oggetto lo studio delle correnti elettriche (sia continue sia alternate), degli effetti che esse producono (elettromagnetici, termici, elettrochimici ecc.), dei circuiti elettrici, delle macchine elettriche, dell'installazione, della progettazione e dell'analisi dei rischi.

Questa prima edizione del vocabolario elettrotecnico di base Italiano - Inglese, pubblicato da Editoriale Delfino tiene conto delle finalità pratiche per una maggiore comodità e rapidità di consultazione da parte degli studenti e degli operatori scolastici.

I termini prescelti e sviluppati con una breve descrizione funzionale si rifanno alle specifiche Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), alle pubblicazioni tecniche di Editoriale Delfino o ad altre risorse disponibili, verificate e citate in bibliografia e in sitografia.

Il volume è stato arricchito con appendici che includono unità di misura, formule di base, segni grafici utilizzati negli schemi elettrici e altre tabelle informative (Nuove definizioni 2019). Ci auguriamo che il costante impegno di Editoriale Delfino e dei suoi Autori, nei confronti dell'istruzione tecnica, venga apprezzato e favorisca una positiva collaborazione per migliorare le future edizioni.

BREVE STORIA DELL'ELETTROTECNICA

Nata alla fine del XVIII secolo con la teoria dei circuiti, l'inizio convenzionale dell'elettrotecnica viene considerato il 1800, anno in cui Alessandro Volta comunicò al presidente della Royal Society Joseph Banks la realizzazione della prima pila elettrica. La pila di Volta rappresenta la prima sorgente di energia elettrica della storia in grado di fornire quantità apprezzabili di energia elettrica per applicazioni utili.

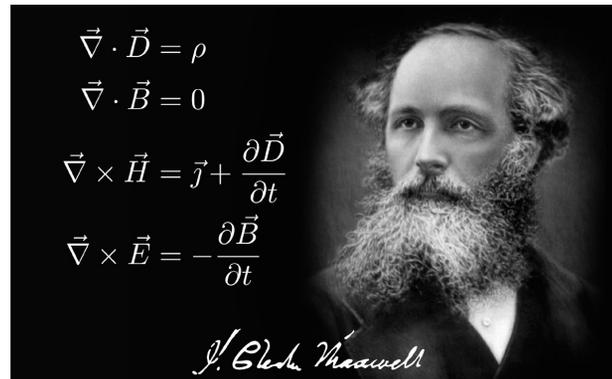


Alessandro Volta illustra a Napoleone la sua celebre pila nel 1801

Per la prima applicazione utile della pila elettrica bisogna però attendere il 1837, anno in cui Charles Wheatstone realizzò il primo telegrafo elettrico.

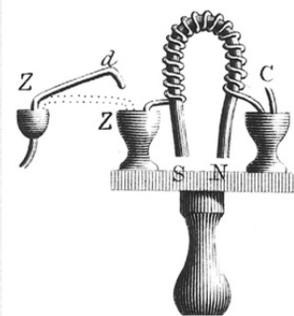
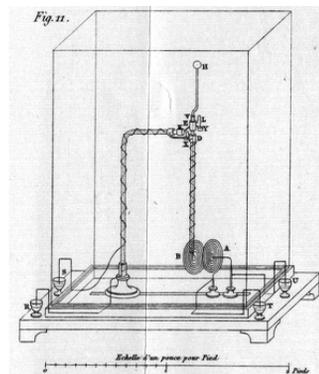
Fino al XIX secolo si pensava che l'elettricità fosse un fluido che poteva essere positivo o negativo. In seguito, grazie alle fondamentali scoperte di Hertz,

Helmholtz, Maxwell, Heaviside, Alessandro Volta e molti altri, si giunse a una comprensione più completa del fenomeno, riassunta nelle equazioni di Maxwell che prevedono in modo completo e accurato il comportamento delle cariche elettriche (elettroni e protoni che differiscono per il segno della loro carica elettrica) e del campo elettromagnetico che esse generano.



James Clerk Maxwell e le equazioni alla base della teoria dell'elettromagnetismo.

In breve iniziarono a comparire una serie di applicazioni commerciali dell'elettricità: i motori elettrici, il telegrafo, il telefono, la radio, la lampadina elettrica. Prese corpo così all'inizio del XX secolo l'elettrotecnica moderna.



Le spirali-bobine di Ampere e l'elettromagnete di Sturgeon realizzati negli anni '20 del diciannovesimo secolo.

Tra i molti scienziati, ingegneri e inventori che hanno contribuito all'evoluzione dell'elettrotecnica, possiamo ricordare Galileo Ferraris, Antonio Paci-

notti, Werner von Siemens, Nikolas Tesla, Thomas Alva Edison, George Westinghouse.

Negli ultimi decenni l'elettronica (che tradizionalmente si occupa di segnali a bassa potenza) si è progressivamente sovrapposta ad alcuni ambiti che prima erano esclusivi dell'elettrotecnica, come nel caso del controllo dei motori elettrici e dell'elettromagnetismo applicato.

Attualmente l'elettrotecnica si occupa della teoria dei circuiti da un punto di vista strettamente assiomatico e di una serie di campi applicativi quali la trasmissione e l'utilizzo dell'energia elettrica, la progettazione di macchine elettriche (motori, generatori, trasformatori), le linee di trasmissione e distribuzione, l'impiantistica e la sicurezza, gli apparecchi utilizzatori dell'energia elettrica, i sistemi di misura e la componentistica.

I

IEC 61131-3

La Norma IEC 61131 è un punto di riferimento nella standardizzazione per l'automazione industriale. Grazie alla sua diffusione, progettisti, costruttori e utilizzatori hanno trovato un terreno comune per ottimizzare le applicazioni di controllo.

Evoluzione della IEC 1131 (pubblicata nel 1992), la Norma IEC 61131 rappresenta il più riuscito sforzo di uniformare le tecnologie di controllo industriale riportandole a un sistema di standardizzazione internazionale. Per molti anni, infatti, il mercato dei sistemi di controllo ha visto il proliferare di una varietà di linguaggi, sottolinguaggi, ambienti di sviluppo e test, diversi per ciascun produttore. Risultato: perdita di base metodologica comune (nel software e nell'hardware) e problemi di comunicazione tra Plc di differenti costruttori.

Per porre rimedio a questa situazione e per favorire un punto di incontro tra progettisti, utenti e produttori di Plc, all'inizio degli anni '90 l'organismo internazionale IEC (International Electrotechnical Commission) introdusse lo standard 61131.

Questa norma definisce gli aspetti descrittivi, architetturali e di programmazione dei dispositivi di

controllo per l'automazione industriale. Essa consta in complesso di 8 parti: panoramica generale, hardware, linguaggi di programmazione, linee guida per l'utente, comunicazione, logica fuzzy, linee guida dell'applicazione. Le implicazioni tecniche dello standard IEC 61131 sono consistenti, ma lasciano sufficiente autonomia ai costruttori nella diversificazione del prodotto.

Oltre al mercato tradizionale dei Plc, lo standard si va diffondendo nel motion control, nelle applicazioni safety, nei sistemi distribuiti, nei sistemi PC-based (Pac, SoftPlc) e Scada.

IEC 61131-3

La terza parte della Norma IEC 61131 si occupa dei linguaggi di programmazione utilizzati nei controllori industriali. Nello standard sono definiti linguaggi di programmazione testuali (lista istruzioni, testo strutturato) e grafici (diagramma a contatti, diagramma a blocchi funzione, diagramma funzionale sequenziale). In base allo standard IEC 61131-3 i programmi Plc sono costituiti da un certo numero di elementi software, implementati nei diversi linguaggi. Tipicamente, un programma consiste in una rete di funzioni e blocchi funzionali in grado di scambiare dati. Le funzioni e i blocchi funzionali sono gli elementi fondamentali di costruzione, contenenti una struttura dati e un algoritmo.

Nello standard IEC 61131-3, programmi, funzioni e blocchi funzionali sono unità elementari dette POU (Program Organization Units).

Lo standard IEC 61131-3 facilita la portabilità da e verso diverse piattaforme hardware di diversi costruttori e al tempo stesso tutela gli investimenti sia a livello formativo sia a livello applicativo.



Ulteriori benefici stanno nella conformità alla direttiva macchine, nella riusabilità e nella certificabilità dell'applicazione sviluppata. Per i produttori sono evidenti le riduzioni dei costi di time-to-market.

SoftPLC

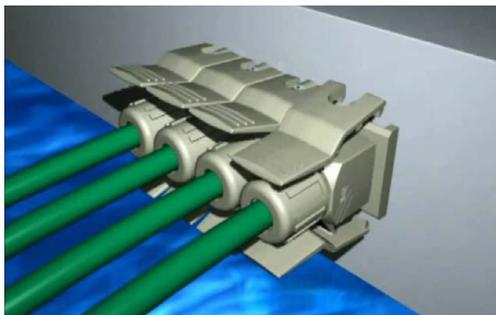
I softPlc sono emulazioni via software delle funzionalità tipiche dei Plc. Basati su architetture hardware di tipo Pc e dotati di sistemi operativi real-time (per esempio Windows CE, RtaI, RTLinux, Qnx), essi hanno l'obiettivo fondamentale di rendere il software di controllo indipendente dall'hardware. I principali campi di applicazioni sono quelli del motion control, dei costruttori di macchine e nelle sessioni di test e simulazione. I softPlc implementano lo standard IEC 61131-3 e i relativi linguaggi di programmazione.

Associazioni come PLCopen (www.plcopen.org) si occupano di promuovere gli standard relativi alla tecnologia di programmazione, il loro riutilizzo e l'interoperabilità con altri sistemi: non solo la Norma IEC 61131-3, ma anche librerie per il motion control, le funzionalità di safety, le specifiche Xml per la gestione di interfacce.

Industrial Ethernet

Nella comunicazione di fabbrica è sempre più diffuso l'utilizzo di Ethernet Industriale, inteso come insieme di tecnologie con particolari requisiti di affidabilità e robustezza rispetto alla versione IT. Posta l'assoluta necessità di soddisfare le più stringenti richieste di real-time e sincronizzazione temporale, Ethernet è in grado di sostituirsi ai fieldbus con evidenti vantaggi di funzionali.

Cominciamo col dire che Ethernet è una delle tecnologie più amate anche in versione industriale per



gli stessi motivi per cui è popolare nel mondo office: prestazioni, flessibilità, facilità di utilizzo e integrazione, larghezza di banda, vasta disponibilità di apparati e componenti, compatibilità con numerosi standard. Va da sé che una tecnologia come Ethernet può essere trasferita sul piano di fabbrica (alla stregua di un bus di campo) solo con opportuni adeguamenti al cablaggio e alle interfacce elettriche: è necessario renderla resistente alle sollecitazioni meccaniche e termiche, alle interferenze elettromagnetiche, alla polvere e agli agenti chimici. Ma al di là degli aspetti costruttivi, una rete di controllo industriale richiede prevedibilità e ripetibilità nella trasmissione dati (determinismo), ridondanza e un metodo efficiente per l'invio dei messaggi che registrano le variazioni di stato dei dispositivi connessi. I primi due requisiti vengono soddisfatti mediante opportune topologie di rete, mentre la gestione dei messaggi richiede l'intervento ai livelli superiori del modello Iso/Osi.

Le reti di tipo "Ethernet Industriale" o "Industrial Ethernet" sono definite dall'impiego di commutatori per creare domini di collisione separati, da strutture ad albero con rami ridondanti e da protocolli in grado di limitare l'overhead associato a ogni trasmissione dati.

Le versioni proposte dai maggiori produttori si distinguono per le differenti implementazioni dei livelli più alti del modello Iso/Osi e, in particolare, del livello di applicazione. Attualmente, pur con molte limitazioni, la tendenza a concentrare su Ethernet l'intero sistema di automazione, dal sensore al PC, sembra inevitabile. In primo luogo per la possibilità di integrare su un'unica piattaforma applicazioni motion control, funzioni office, IT, Mes. In secondo luogo per poter sfruttare i protocolli basati su Tcp/Ip (es. Snmp, Ftp, Smtpt, Mime, http) per applicazioni di controllo remoto. In terzo luogo Ethernet offre maggiore ampiezza di banda, dislocazione geografica e soprattutto omogeneità di rete. Ethernet permette di dotare i dispositivi in campo di maggiore intelligenza, e di fornire a macchinari e sistemi la possibilità di comunicare maggiori quantità di dati in modo veloce e deterministico.

E comunque, pur con tempistiche e modalità di scambio dati differenti, ciò che conta, nel raffronto tra Ethernet e bus di campo, sono la trasparenza dei dati, il mantenimento delle funzionalità, la stabilità dei requisiti real-time.

Le implementazioni industriali di Ethernet

Fondamentalmente l'implementazione di Ethernet in ambito industriale deve soddisfare le più esigenti richieste di real-time e sincronizzazione temporale. In un sistema real-time il corretto funzionamento non dipende soltanto dalla esattezza logica del risultato ma anche dal momento nel quale è il risultato stesso viene prodotto. Lo sforzo tecnologico, in sostanza, è quello di trasporre i tradizionali bus di campo in un contesto Ethernet.

Ad esempio Ethernet/IP deriva da ControlNet e DeviceNet su Ethernet, Modbus/Tcp da Modbus e Profinet da Profibus.

Alcune versioni di Ethernet Industriale sono ulteriormente specializzate per il motion control implementando funzionalità sincronismo rigido agendo a livello hardware (con tecnologie Asic, Fpga o apparati Ethernet standard), o di software / protocollo agendo ai livelli superiori del modello Iso/Osi o secondo gli standard IEEE 1588 / IEC 61588.

È il caso ad esempio di EtherCat, Ethernet/IP – CIP Motion, Profinet IRT (Isochronous Real Time), Sercos III.

L'impiego di software in grado di interfacciare i diversi protocolli a livello di applicazione permette di solito una buona integrazione tra componenti di diversi produttori. Essendo una specifica dei primi due livelli del modello Iso/Osi, Ethernet si presta all'impiego con quei protocolli che hanno particolari richieste a partire dal livello di rete.

Questo offre una grande libertà di scelta agli sviluppatori, anche se dal punto di vista pratico la grande diffusione di IP (come protocollo di rete) e di Tcp e Udp (come protocolli di trasporto) ne supporta l'utilizzo. I protocolli di livello superiore possono però essere differenti a seconda del tipo di applicazione e questo, purtroppo, non garantisce l'interoperabilità tra i differenti standard.

Industry 4.0

Dal 2011 si parla di Industry 4.0. Con questa "etichetta" si indica una strategia industriale hi-tech promossa in origine dal governo tedesco, che ha per obiettivo l'informatizzazione dell'industria manifatturiera ovvero la diffusione della fabbrica intelligente caratterizzata da capacità di adattamento, efficienza, ergonomia.

L'Industry 4.0 o Quarta Rivoluzione Industriale deriva dal concetto di Digital Manufacturing e delle tecnologie ad esso correlato in grado di modificare i modelli di R&D e di business: stampa e scanning 3D, Internet of Things, social manufacturing, realtà aumentata, realtà virtuale, intelligenza artificiale, robotica adattativa, nanotecnologie e materiali avanzati, comunicazione wireless, prototipazione virtuale, cloud computing, gestione avanzata della Supply Chain.

Che si tratti o meno della Quarta Rivoluzione Industriale, il paradigma dell'Industry 4.0 avrà un impatto enorme sulle cosiddette Smart Factory e sull'organizzazione del lavoro. Industry 4.0 significa anzitutto produzione industriale digitale ad alto tasso di automazione e connettività.

Il concetto delinea una visione della fabbrica intelligente, caratterizzata soprattutto dal controllo in tempo reale con l'ICT, dal crescente utilizzo di robot e cyber technology, dall'applicazione massiccia dell'IoT alla produzione industriale.

Con l'introduzione dell'IoT la catena di montaggio non necessita più dell'apporto del lavoratore per operazioni meccaniche, ma principalmente per attività di settaggio dei macchinari e di problem solving. I prodotti delle fabbriche 4.0 sono infatti sempre più personalizzati. La figura del consumatore gioca un ruolo centrale fin dalla fase embrionale del manufatto. La catena di montaggio, grazie all'interconnessione dei macchinari assicurata dall'IoT, è in grado



di comunicare tra le sue diverse componenti e di gestire le attività fisiche in modo più efficiente attraverso l'ampio utilizzo di robot. Allo stesso tempo il lavoratore dovrà risolvere problemi che il più delle volte non riguardano ostacoli fisici, ma problematiche nate dai sistemi informatici che governano la produzione e la logistica.

Altre conseguenze a lungo termine riguarderanno il cambiamento della visione del lavoro. Grazie ad esempio a webcam installate nei punti nodali della catena di montaggio e alle migliaia di sensori presenti sarà possibile individuare problemi e risolverli a distanza.

La flessibilità della produzione resa possibile dall'utilizzo dei sistemi cyberfisici (CPS) e da altre tecnologie, insieme alla diversa natura della domanda da parte dei consumatori, consentirà in definitiva orari di lavoro più flessibili e la possibilità di lavorare a distanza.

Tecnologie

L'Industry 4.0 utilizzerà sistemi cyberfisici (CBS, Cyber Physical Systems) basati su applicazioni software-intensive e sensori intelligenti per automatizzare la produzione, prefigurando un futuro in cui le fabbriche controlleranno autonomamente i processi produttivi. Oltre alle tecnologie software attualmente più promettenti (Mes adattativi, PLM Cloud based, OPC UA, XML) Industry 4.0 richiederà nuove piattaforme per la strutturazione dei flussi di dati. Sul lato hardware, macchinari, materiali e prodotti con componenti lavorati saranno dotati di processori miniaturizzati e nuovi controller.

Un ruolo molto importante è già svolto dalla sensoristica. I sensori incorporati nei processi produttivi sono infatti in costante aumento e rappresentano uno strumento in grado di fornire immediatamente utili feedback per il monitoraggio dei processi in tempo reale, aumentandone l'efficienza.

Per di più la convergenza tra Information Technology e Operations consente la creazione di valore anche attraverso la raccolta, l'archiviazione il conseguente utilizzo dei cosiddetti Big Data, ossia i dati in crescita esponenziale messi a disposizione dai contesti produttivi.

Industrial Internet

In termini complementari a Industry 4.0 negli Stati Uniti si sta diffondendo il concetto di Industrial Internet. L'incremento della produttività e dell'efficienza nel tessuto industriale promesso dall'Industrial Internet passa per la possibilità di gestire e trasferire grandi quantità di dati in rete, mentre si stanno diffondendo nuovi approcci in termini di progettazione (stampanti 3D, fast prototyping, modellazione solida), IT (security, cloud computing, social Internet, mobile, big data) e innovazione industriale (smart sensors, industrial wireless, intelligenza distribuita, manutenzione su condizione, energy harvesting). Nell'Industrial Internet un ruolo chiave è ricoperto dai magazzini intelligenti in cui robot e sistemi di movimentazione autonomi sostituiscono gli uomini. L'Industrial Internet si prefigura in definitiva come un aggregatore di macchinari, sistemi e reti intelligenti in grado di fare diagnosi e previsioni.

Interfacce Operatore

Dai tradizionali pannelli operatore integrati nei quadri elettrici, nelle macchine automatiche e nelle linee di produzione, negli ultimi anni il concetto di interfaccia operatore si è esteso a varie tipologie di Panel PC, terminali di dialogo, HMI, display, software e sistemi di supervisione.

I pannelli operatore sono apparecchiature in grado di impostare parametri, visualizzare stati di funzionamento, controllare variabili di processo e anomalie rilevate dai controllori a cui sono collegati. Sono dispositivi indispensabili per le attività di diagnostica, manutenzione e gestione in linea di macchine e impianti.

I pannelli operatore permettono l'impostazione di soglie e set-point, oltre alla scrittura di variabili e parametri nei controllori. Numerose le possibilità di installazione: bordo macchina, quadri di comando, pulpiti, box e bracci portanti. Negli ultimi anni le prestazioni e le caratteristiche dei pannelli operatore si sono avvicinate progressivamente a quelle dei PC industriali e dei Panel PC in particolare, tanto da renderne difficile il distinguo. Resta in ogni caso, come differenza di fondo, il fatto che il Panel PC può

fungere da unità master, oltre che disporre di hardware e software ad ampio spettro per l'esecuzione di più task di supervisione e controllo.

Di contro, il pannello operatore è in molti casi un dispositivo passivo rispetto al controllore (un accessorio, pur essenziale) e con capacità di elaborazione e memoria limitate. Nella maggior parte delle applicazioni funge quindi da terminale di interfaccia, dedicato a specifici compiti di comando e monitoraggio. Il layout meccanico (tipo di contenitore, frontalini, scanalature, membrane protettive) riveste un ruolo decisivo nell'esecuzione dei pannelli operatore, come pure sono imprescindibili le principali normative di sicurezza elettrica (CE, Nema, UL, TUV, ecc.). Completano la struttura di un pannello operatore, i tasti per il richiamo di funzioni liberamente progettabili, la memoria per la conservazione dei dati e del buffer eventi, le interfacce elettroniche per i collegamenti con periferiche di varia natura (controllori, PC, stampanti, modem) e il display con dimensioni variabili.

Interfacce uomo-macchina

In senso lato il concetto di interfaccia operatore è sovrapponibile a quello di HMI (Human Machine Interface), ovvero all'interfaccia tra macchina e utente che rende disponibile il flusso di informazioni per il supporto delle decisioni, attraverso messaggi audiovisivi e azioni di controllo su tastiere, pulsanti, interruttori, monitor. In ambito industriale il termine HMI si riferisce a sistemi e tecnologie di varia natura, dai più semplici terminali alfanumerici fino ai Personal Computer dedicati.

D'altra parte la possibilità di visualizzare in tempo reale messaggi diagnostici, allarmi o istruzioni per

l'operatore e, al contempo, modificare i parametri operativi in modo semplice e diretto, è un'esigenza trasversale a tutte le applicazioni.

Associato al concetto di HMI vi è quello di usabilità che secondo la Norma ISO 9241-11 viene definito in termini di efficacia, efficienza e soddisfazione con cui gli utenti eseguono compiti mediante sistemi interattivi. Allo stesso tempo le interfacce uomo-macchina devono rispondere a criteri ergonomici e di design avanzato. Il termine HMI è anche correlato alla parte di presentazione dati di un'applicazione SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) attraverso pagine sinottiche videografiche.

In tale contesto si parla di HMI/SCADA. Più nello specifico, il modulo di HMI di uno SCADA determina una comunicazione semplice e immediata con l'utente mediante pagine grafiche in grado di rappresentare l'evoluzione delle variabili che le caratterizzano.

Inverter

Cuore della maggior parte dei sistemi di controllo del moto, l'inverter è un dispositivo utilizzato come soluzione relativamente economica e di facile reperibilità quando si richiede una variazione di velocità dei motori elettrici. Il principio base di funzionamento di un inverter è quello di far variare la frequenza e di conseguenza la velocità del motore, a partire dalla conversione di correnti alternate o continue.

Generalmente la tensione in entrata viene convertita in corrente continua da un raddrizzatore e livellata da condensatori, quindi applicata alla sezione di inversione. Lo scopo di questa doppia operazione è quello di variare la frequenza entro un intervallo prestabilito. La frequenza di uscita è determinata nei casi più semplici da un segnale analogico fornito all'inverter da trasduttori esterni (ad esempio da un potenziometro), oppure da un segnale inviato da un PLC. Se le accelerazioni richieste all'azionamento non sono particolarmente gravose, come capita per la maggior parte delle applicazioni in cui si impiegano motori asincroni, si impiegano gli inverter scalari i quali modificano, oltre alla frequenza, il valore efficace della tensione, ma non intervengono sulla fase delle grandezze elettriche in modo attivo. Quando in-



vece le esigenze dinamiche diventano ragguardevoli (ad esempio negli azionamenti di macchine utensili ad alta velocità), si adottano per lo più inverter vettoriali. In questa classe di inverter, caratterizzata da un modello matematico complesso, le variazioni di frequenza e del valore efficace di corrente avvengono unitamente alla variazione della fase. Gli inverter vettoriali consentono una modifica delle grandezze elettromagnetiche molto più efficace.

Sono inoltre in grado di trattare correttamente il comportamento della macchina in regime dinamico, oltre che stazionario. Negli inverter vettoriali l'azionamento con motore a corrente continua si dimostra più performante rispetto a quello asincrono, soprattutto per la possibilità di regolare facilmente la coppia attraverso la corrente di armatura.

Gli inverter vengono ampiamente utilizzati per il controllo e l'avviamento di motori asincroni trifase. Attraverso di essi si possono monitorare la corrente assorbita, la frequenza di lavoro ed eventuali segnalazioni di allarme. Permettono inoltre di modificare la velocità di lavoro, la potenza di spunto, i tempi di avviamento e frenata e numerose altre funzioni. Il mercato ne propone un'ampia gamma di modelli con differenti caratteristiche di funzionamento. L'alimentazione degli azionamenti può essere monofase (ingresso monofase e uscita trifase a 220 V) o trifase (ingresso e uscita trifasi a 380 V). Oltre che come regolatori di velocità, gli inverter vengono utilizzati come convertitori e stabilizzatori nei gruppi di continuità e come sistemi di condizionamento e trasferimento di energia elettrica.

Costruttivamente gli inverter più semplici sono basati su un circuito oscillatore che pilota un transi-

stor, il quale a sua volta genera un'onda quadra che in taluni casi può comportare problemi di efficienza o di rumore. Gli inverter più complessi utilizzano la tecnica della modulazione di ampiezza di impulso PAM (Pulse Amplitude Modulation), o più frequentemente la modulazione a larghezza di impulso PWM (Pulse Width Modulation).

Per entrambi i tipi di modulazione il sistema può essere retroazionato in modo da fornire una tensione in uscita stabile al variare di quella di ingresso.

La qualità del segnale è determinata dal numero di bit impiegati. La modulazione PWM offre un elevato rendimento. Il segnale di ingresso viene trasformato in una serie di impulsi successivamente elaborati e modificati a seconda delle impostazioni dell'azionamento. In uscita quindi non si ottiene un segnale sinusoidale perfetto, ma la demodulazione del segnale elaborato. Nella modulazione PWM la durata degli impulsi varia in funzione dell'informazione, mentre il periodo e l'ampiezza sono mantenuti costanti. Una particolare classe di dispositivi è rappresentata dagli inverter fotovoltaici, progettati espressamente per convertire l'energia elettrica sotto forma di corrente continua prodotta da un modulo fotovoltaico, in corrente alternata da immettere nella rete elettrica. Gli inverter fotovoltaici implementano funzioni di gestione delle potenze MPPT (Maximum Power Point Tracker) che consentono di estrarre dai pannelli solari la massima potenza disponibile nelle più diverse condizioni meteorologiche. Sono inoltre dotati di interfaccia di rete e rispondono ai requisiti imposti dalle normative emesse dagli enti di erogazione di energia elettrica. Da menzionare, infine, gli inverter specifici per il settore HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), concepiti per ridurre la rumorosità e i consumi di energia a partire dal controllo dei parametri ambientali. Gli inverter HVAC adottano su tecniche di ottimizzazione dell'energia assorbita dal carico.

IoT, Internet Of Things

L'IoT (Internet of Things o Internet delle cose) è un paradigma tecnologico in cui la comunicazione è estesa all'interazione tra uomini, dispositivi, processi e sottosistemi.



Le origini dell'Internet of Things vengono attribuite a Kevin Ashton del MIT (Massachusetts Institute of Technology) che nel 1999 coniò il termine per descrivere un sistema dove Internet viene connessa al mondo fisico tramite una rete di sensori. In campo industriale, dall'inizio degli anni 2000 l'Internet delle cose è stata anticipata dai concetti di Web Automation, Digital Manufacturing, M2M e Smart Grid. Oggi l'Internet delle cose è un insieme di tecnologie digitali che vanno dai tag RFID alle reti di sensori, dalle superfici touch alla realtà aumentata, dai sistemi logistici integrati alle infrastrutture in chiave di sostenibilità. Le applicazioni dell'IoT stanno interessando e interesseranno un ampio numero di settori: domotica, robotica, avionica, industria automobilistica, biomedicale, monitoraggio in ambito industriale, telemetria, reti wireless di sensori, sorveglianza e security, smart grid e smart city, sistemi embedded, telematica e telecontrollo. Secondo recenti stime entro il 2015 ci saranno 25 miliardi di dispositivi connessi senza fili nel mondo. Entro il 2020 il numero potrebbe raddoppiare a 50 miliardi. Alcuni studi prevedono che entro il 2022 l'Internet delle cose genererà risparmi e ricavi pari a 14400 miliardi di dollari e che gli aumenti di produttività conseguenti potrebbero contribuire al Pil europeo con valore globale di circa 2,2 trilioni di euro entro il 2030.

Paradigmi affini

La diffusione del concetto di Internet of Things ha spinto player come Cisco ad estenderne il significato ricorrendo al termine Internet of Everything (IoE). Con l'Internet of Everything la connettività sarà la vera protagonista e l'integrazione porterà allo sviluppo economico che tutti aspettano e che potrebbe con-



notarsi come una nuova rivoluzione industriale. Negli Stati Uniti si parla infatti di Terza Rivoluzione Industriale e Industrial Internet. Nel primo caso si fa riferimento a un nuovo modello di sviluppo politico-economico, basato sulle energie rinnovabili, sulla tecnologia dell'idrogeno, sulle smart grid e sulla e-mobility. L'Industrial Internet si prefigura invece un aggregatore di macchinari, sistemi e reti intelligenti in grado di fare diagnosi e previsioni. La risposta europea si chiama Industry 4.0. Con questa "etichetta" dal 2011 si indica una strategia industriale hi-tech promossa in origine dal governo tedesco, che ha per obiettivo l'informatizzazione dell'industria manifatturiera ovvero la diffusione della fabbrica intelligente caratterizzata da capacità di adattamento, efficienza, ergonomia.

Tecnologie

Più che su nuove tecnologie l'IoT sta avanzando sulla spinta di alcuni fattori abilitanti: nuove tipologie di dispositivi connessi, volumi crescenti di dati (Big Data), cloud computing, reti ad alta velocità, mobile app ecc. Ci sono tuttavia una ventina di tecnologie specialistiche dell'informatica e delle comunicazioni attorno a cui si sta giocando il futuro dell'Internet of Things. Vale la pena citarne tre. Il protocollo Bluetooth Low Energy (BLE) ottimizzato per lo scambio di piccole quantità di dati con basso consumo energetico. BLE viene usato soprattutto nella domotica e nei dispositivi indossabili in abbinamento a tablet e smartphone. L'IEEE 802.15.4e è uno standard di comunicazione in grado di incrementare notevolmente l'affidabilità dei collegamenti a radiofrequenza e l'efficienza energetica proprio grazie all'adozione di un particolare meccanismo di accesso multiplo ai dati. E infine il protocollo internet IPv6 che risponde innanzitutto al problema dello spazio d'indirizzamento. IPv6 prevede $3,4 \times 10^{38}$ indirizzi possibili ed è quindi in grado di supportare miliardi di host, scongiurando quindi il pericolo di esaurirne la disponibilità.

ITS, Intelligent Transportation System

Gli ITS (Intelligent Transport o Transportation Systems) nascono dalla convergenza delle tecnologie ICT (Information and Communication Technology) e dell'auto-

mazione con l'ingegneria dei sistemi di trasporto. Gli ITS possono essere definiti come l'insieme di procedure, sistemi e tecnologie che consentono di ottimizzare tutte le modalità di trasporto di persone e merci.

A partire dagli anni '90 automazione e sistemi di trasporto hanno compiuto un salto di qualità, combinandosi a livello sistemistico nei cosiddetti ITS. Parliamo di strumenti e soluzioni per la gestione delle reti di trasporto attraverso le tecnologie ICT.

Gli ITS toccano sostanzialmente tutte le funzioni della mobilità: acquisizione dei dati di traffico e meteo in tempo reale, controllo degli accessi e gestione dei parcheggi, pannelli a messaggio variabile, centri di supervisione e controllo integrati, sistemi per la gestione del trasporto collettivo, sistemi per l'integrazione modale, sistemi di pagamento e smistamento di merci e passeggeri, piattaforme per la logistica, gli autoparchi e la gestione di flotte, soluzioni per il controllo avanzato dei veicoli, piattaforme per la sicurezza del trasporto, sistemi di navigazione satellitari, sistemi di controllo semaforici, rilevatori di velocità integrati con telecamere a circuito chiuso. Gli Intelligent Transportation Systems più moderni offrono anche tecniche di previsione del traffico, modellazioni avanzate e comparazioni con dati storici.

Le tecnologie di base

Varie forme di tecnologie wireless a corto e lungo raggio sono state proposte per i sistemi di Intelligent Transportation: IEEE 802.1, ETSI DSRC (Dedicated short-range communications), WiMax (IEEE 802.16), GSM, GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA e altri protocolli utilizzabili su reti mobili e Mesh. In termini di tecnologie computazionali, oggi il settore automotive immette sul mercato mezzi ricchissimi di sensori MEMS ed embedded I sistemi di sensori ITS comprendono anche componenti integrati nelle reti stradali o su edifici, stazioni, semafori, ecc.. Gli stessi telefoni cellulari possono essere usati come metodo FCD (Floating Car Data) per ricavare informazioni anonime sul traffico attraverso la rete mobile. Da segnalare anche l'uso della tecnologia dei cicli induttivi, ovvero bobine posizionate sotto il manto stradale per individuare il passaggio dei veicoli at-

traverso il calcolo del loro campo magnetico e l'uso di telecamere e sistemi di analisi delle immagini per la misurazione del traffico.

E-mobility e Smart City

I concetti di sostenibilità ed efficienza energetica emersi negli anni più recenti hanno aperto nuove opportunità di sviluppo alla cosiddetta e-mobility, ovvero alla diffusione di veicoli elettrici, infrastrutture, trasporti elettrificati, sistemi di ricarica e integrazione tra veicoli e reti di distribuzione.

Di pari passo all'e-mobility si è sviluppato il paradigma di Smart City ovvero di una realtà urbana in cui sono implementate soluzioni intelligenti, finalizzate allo sviluppo sostenibile e all'integrazione delle reti energetiche e dei trasporti. Allo stato attuale la realizzazione o la conversione di modelli urbani in Smart City non riguarda singole tecnologie, ma l'interconnettività e la capacità di rendere efficienti gli strumenti esistenti.

Metro automatiche ed Aeromobili

Se e-mobility su strada e Smart City sono modelli in divenire, le metropolitane automatiche sono già realtà in varie parti del mondo, Italia compresa. I sistemi driverless (senza guidatore a bordo) fanno parte di sistemi integrati che consentono di gestire una linea metropolitana in modo completamente automatico. Anche volgendo lo sguardo al cielo emergono tecnologie di automazione applicate al trasporto. Gli aeromobili a pilotaggio remoto - noti come RPAS (Remotely Piloted Air System), UAV / UAS (Unmanned Aerial Vehicle / System) - sono veicoli che volano senza l'ausilio di un pilota a bordo. Vengono anche chiamati impropriamente droni, italianizzando la parola inglese drone che richiama il "ronzio" emesso da tali veicoli. Questi mezzi possono essere completamente automatizzati, e quindi seguire un profilo di volo pre-programmato, o essere telecomandati a distanza.

Continua sul prossimo fascicolo