



La supervisione nella Fisica Nucleare sperimentale

***L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
INFN ha realizzato l'acceleratore di
particelle DAFNE, i cui sistemi sono
controllati e supervisionati da Movicon.***

L'INFN, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, è l'ente pubblico nazionale di ricerca, vigilato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR), dedicato allo studio dei costituenti fondamentali della materia e delle leggi che li governano. Svolge attività di ricerca, teorica e sperimentale, nei campi della fisica subnucleare, nucleare e astroparticellare. Le attività di ricerca

dell'INFN si svolgono tutte in un ambito di competizione internazionale e in stretta collaborazione con il mondo universitario italiano, sulla base di consolidati e pluridecennali rapporti. La ricerca fondamentale in questi settori richiede l'uso di tecnologie e strumenti di ricerca d'avanguardia che l'INFN sviluppa sia nei

propri laboratori sia in collaborazione con il mondo dell'industria.

I Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) sono la più antica struttura di ricerca per la fisica nucleare e subnucleare italiana con macchine acceleratrici e il più grande Laboratorio dell'INFN. La costruzione dei LNF risale al 1955, un periodo di forte crescita per la fisica delle particelle.

Negli anni precedenti i fisici avevano indagato la struttura e le trasformazioni dei nuclei e avevano appena iniziato a studiare la natura dei loro componenti. Gli esperimenti condotti sulla radiazione cosmica avevano inoltre rivelato l'esistenza di nuove particelle, assenti nella materia ordinaria. L'INFN affidò ai LNF il compito di costruire macchine acceleratrici di particelle in grado di sondare i costituenti del nucleo e di produrre in laboratorio nuove forme di materia. Da allora i LNF sono stati protagonisti in tutti i settori di ricerca propri dell'INFN: la fisica delle macchine acceleratrici, la fisica subnucleare e nucleare, la fisica della radiazione cosmica e la fisica con luce di sincrotrone. Attualmente l'organico dei Laboratori è composto da ricercatori, tecnologi, tecnici e da personale amministrativo, per un totale di 362 persone.



L'impianto dell'Acceleratore di Particelle DAFNE dell'Istituto di Fisica Nucleare di Frascati adotta sistemi d'automazione all'avanguardia, supervisionati da Movicon, che garantiscono la massima sicurezza e precisione.

Inoltre circa 450 ospiti italiani e stranieri collaborano alle attività scientifiche. La caratteristica principale dei LNF è quindi quella di saper costruire gli acceleratori di particelle. Questa scuola cominciò con il sincrotrone nel 1957, continuò con il capostipite di tutti gli anelli per lo studio di collisioni materia-antimateria che venne realizzato a Frascati in meno di un anno e fu chiamato AdA, Anello di Accumulazione, in quanto per ottenere un numero significativo di reazioni occorre accumulare dei fasci molto densi di particelle orbitanti, continuò poi con ADONE per arrivare all'attuale DAFNE, la macchina con il record mondiale di luminosità istantanea a bassa energia, un vero successo.

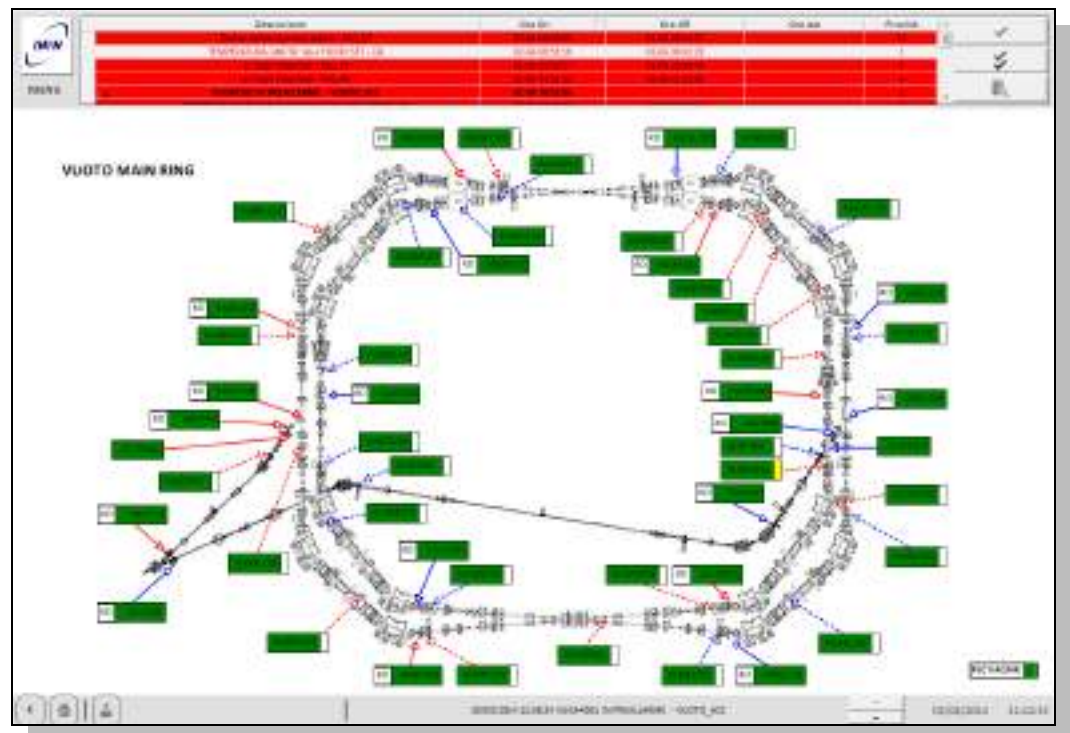
L'acceleratore di particelle DAFNE

DAFNE, (DAΦNE) acronimo di Double Annular Φ Factory for Nice Experiment, è uno degli acceleratori di particelle al mondo dedicati allo studio della fisica subnucleare e allo studio dei fenomeni che hanno governato i primi istanti di vita del nostro universo.

L'acceleratore è ospitato presso i Laboratori Nazionali di Frascati dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), istituto nato agli inizi degli anni '50 per

continuare le fondamentali ricerche di Enrico Fermi e dei ragazzi di via Panisperna che resero famosa l'Italia in questo campo a livello mondiale. DAFNE è una "fabbrica" di particelle Φ , ottenute facendo collidere elettroni e positroni (l'antimateria degli elettroni) circolanti, in verso opposto, in due anelli di 30 m di diametro con un'energia di 510 MeV. La particella Φ è instabile e decade in tempo brevissimo, producendo altre particelle di massa inferiore, fra cui i mesoni K che contengono al loro interno uno dei mattoni fondamentali della

natura, il quark "S" (strano) così denominato proprio per il suo comportamento anomalo. Lo scopo principale di DAFNE è studiare questo decadimento, mediante il rivelatore KLOE, che consente di individuare e contare le particelle prodotte nell'interazione, al fine di dimostrare, con alta precisione, la violazione del principio di simmetria di carica e parità (CP-Violation). Tale principio è legato alla trasformazione di energia in materia e in



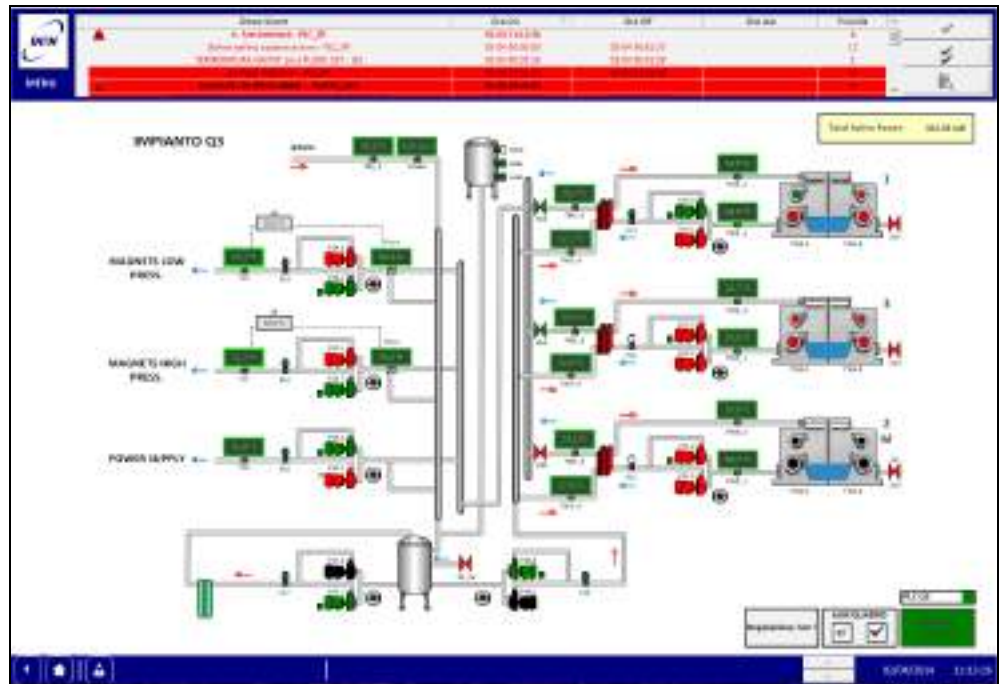
Dal sistema di supervisione, i ricercatori controllano tutti i parametri dell'Acceleratore di Particelle DAFNE, come ad esempio la rappresentazione grafica del sistema del vuoto del main ring.

antimateria ed ha implicazioni sulle teorie relative all'origine dell'universo. La sfida di DAFNE è quella di permettere di studiare tale fenomeno, raro, con elevatissima precisione.

Dal punto di vista ingegneristico questo comporta avere sistemi di altrettanta precisione e affidabilità tali da poter funzionare per periodi molto lunghi (mesi o anni) ininterrottamente, per acquisire un numero utile di dati scientifici. Tale complessità è frutto della sintesi di competenze relative, che comprendono oltre alla fisica degli acceleratori, l'ingegneria meccanica, vuoto, radiofrequenza, magneti, elettronica di potenza, elettronica di segnale, controlli, diagnostica, informatica, criogenia, impianti elettrici e meccanici; ciascuna competenza si riflette concretamente in un sottosistema funzionale agli altri.

La sfida dell'aggiornamento degli impianti ausiliari

L'acceleratore, concepito all'inizio degli anni '90 ed in servizio dal '99, ha subito, negli anni, vari aggiornamenti, sia per migliorarne le prestazioni in termini di fisica (numero di eventi acquisiti, utili per la misura oggetto della ricerca) sia in termini di efficienza energetica. Recentemente, per aumentare l'affidabilità di servizio complessiva si è deciso di investire sul revamping dell'automazione degli impianti ausiliari, i cui guasti, sempre più



Un impianto importante e complesso come un Acceleratore di Particelle deve disporre di un sistema di supervisione veloce, preciso ed affidabile. Per questo è stato scelto Movicon.

frequenti, rendevano difficile il funzionamento prolungato dell'acceleratore. Su un sistema complesso come DAFNE, il non corretto funzionamento di un componente porta non solo alla mancata "produzione" scientifica, ma anche al consumo di energia degli impianti che necessariamente rimangono in servizio, dal momento che la sola riaccensione di tutto l'acceleratore comporta diversi giorni di lavoro. Problemi su alcuni impianti critici possono comportare tempi di ripresa dell'attività anche di alcune settimane. Inoltre alcune parti di ricambio relative a PLC e sistemi di regolazione iniziavano ad essere fuori mercato, rendendone critico il funzionamento per mancanza di dispositivi in sostituzione. La sfida di rimettere le mani nel profondo degli impianti, con una logica di ingegneria inversa, a quasi 20 anni dalla loro

realizzazione, ma con l'esperienza di esercizio delle persone che li hanno gestiti, ha consentito sia di realizzare interventi mirati ed economici, sia di trarne occasione per approfondire la conoscenza dei propri impianti, che nella gestione ordinaria si perde di vista, coinvolgendo nell'esperienza le nuove persone che negli anni si sono avvicinate. Con questa attività si sono individuati e corretti problemi ripetitivi che con la manutenzione ordinaria non si erano riusciti ad evidenziare e risolvere.

Lo studio per la sostituzione dei PLC e del sistema di supervisione di tutti gli impianti di DAFNE è stato condotto dai servizi tecnici interni in collaborazione con System Integrator del Lazio, tra i quali Automate srl, realizzando un'analisi critica delle esigenze dell'Istituto, per arrivare a una soluzione tecnica ragionevolmente economica e comparabile con i costi necessari per il mantenimento in sicurezza del sistema esistente. L'analisi preliminare ha permesso di ottimizzare e di individuare l'hardware strettamente necessario al corretto funzionamento degli impianti evitando una superflua e costosa sovrabbondanza di dispositivi e apparati di automazione.



Il sistema d'automazione dell'Acceleratore di Particelle DAFNE si basa su oltre 10 PLC ad alta velocità, collegati in rete ethernet tra loro, interfacciati localmente da 4 stazioni HMI Embedded Movicon e da un supervisore Scada centrale, sempre basato su Movicon. Il sistema inoltre è accessibile via web (su iPad), grazie alla tecnologia Web Client di Movicon

Affidando, su gara, il revamping sia software sia elettrico ad Automate srl, l'INFN ha permesso all'azienda romana di fornire un ulteriore contributo all'ottimizzazione dell'hardware di automazione.

Il nuovo sistema è costituito da 10 PLC Schneider e 1 Siemens S7 in rete ethernet, che implementano la parte fondamentale dell'automazione a cui si affianca un server SCADA sviluppato su piattaforma Movicon 11 e 4 pannelli operatore HMI (basati su Movicon CE) installati presso le varie sale operative all'interno dell'istituto di Frascati, che permettono la gestione locale degli impianti.

Il nuovo sistema, non solo garantisce i livelli di servizio e le prestazioni del sistema precedente, ma fornisce anche maggior robustezza e affidabilità a livello di automazione, minori consumi energetici, minore stress elettrico e meccanico delle utenze, nuovi strumenti per la manutenzione e un alto livello di ergonomia e usabilità dell'interfaccia uomo-macchina. E' stato compiuto un grande sforzo nell'ottimizzare gli impianti sia dal punto di vista dell'ingegneria elettrica sia dell'ingegneria dell'automazione.

Il revamping elettrico, effettuato direttamente da Automate srl, ha permesso non solo di sostituire i vecchi PLC, ma di apportare un'ottimizzazione ad hoc per ogni quadro dei segnali di campo. Coadiuvati dai tecnologi e dai tecnici dell'INFN di Frascati è stato possibile compiere un'importante attività di reverse engineering mirata alle reali necessità operative degli impianti, snellendo le complessità residue ed ereditate dalle varie modifiche seguite agli upgrade dell'acceleratore ed eliminando sistemi di regolazione ormai inaffidabili ed obsoleti. D'altro canto anche le logiche di automazione hanno subito gli stessi processi di ingegneria, progettando algoritmi mirati alla robustezza del controllo di processo, ed alla continuità del servizio, cercando di minimizzare e monitorare quanto più possibile i consumi



Schema generico di acceleratore di particelle circolare e ciclico, in cui il campo magnetico (necessario per curvare la traiettoria delle particelle) e il campo elettrico variabile (che accelera le particelle) sono sincronizzati con il fascio delle particelle stesse.

energetici degli impianti e lo stress elettromeccanico delle varie utenze così da diminuire sia i costi di esercizio degli impianti che quelli di manutenzione.

Automate srl è stata in grado di interpretare con successo le idee, le richieste e le necessità dell'ente di ricerca; mettendo a disposizione il suo know-how è stato possibile realizzare logiche di automazione e strumenti d'interfaccia uomo-macchina all'avanguardia e ritagliate su misura dell'INFN, trovando in Movicon un ottimo strumento di sviluppo che ha supportato totalmente tutte le necessità dell'integratore. Sfruttando le caratteristiche di Movicon, è stato possibile rendere omogenee le interfacce utente tra lo SCADA e gli HMI uniformando le competenze necessarie alla gestione degli impianti, ottimizzando e diminuendo i tempi di sviluppo dei sistemi di supervisione.

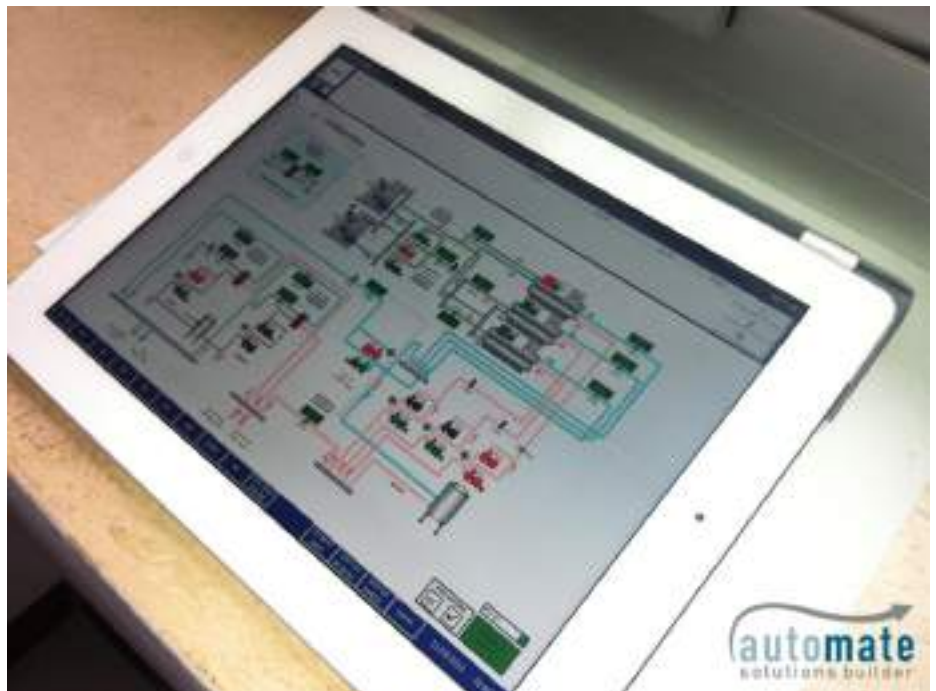
Movicon viene infatti impiegato per la supervisione del sistema di controllo degli impianti ausiliari dell'acceleratore di particelle DAFNE che comprendono:

- i sistemi di controllo degli impianti di raffreddamento dei Main Rings e del Damping Ring di DAFNE;
- il sistema di controllo del vuoto di DAFNE;
- i sistemi di protezione da sovratemperatura dei magneti;
- gli impianti di Radiofrequenza;
- i condizionatori della sala DAFNE;
- il condizionamento della sala calcolo.

Lo sforzo principale del lavoro di ammodernamento è stato fatto sul sistema di raffreddamento dell'acceleratore. Infatti la maggior parte delle apparecchiature (magneti, convertitori, strutture RF) è raffreddata e controllata in temperatura mediante un circuito ad acqua demineralizzata, ottenuta tramite processo osmotico supervisionato anch'esso da Movicon, gestito da 3 centrali. Il calore viene smaltito in torri evaporative mediante scambiatori di calore ed è gestito da valvole a tre vie e da sensori di temperatura. E' importante mantenere una temperatura estremamente costante e controllata entro variazioni minime. La maggior parte delle apparecchiature per funzionare correttamente ha bisogno di un controllo puntuale della temperatura che deve

avere oscillazioni inferiori al mezzo grado Celsius; mentre le cavità a radiofrequenza, utilizzate per fornire energia al fascio di particelle, sono controllate per mantenere una temperatura costante al decimo di grado. Una centrale frigorifera viene poi utilizzata per il condizionamento e il raffreddamento dell'elettronica con utenze fortemente critiche.

Il fascio di particelle è confinato in una struttura ad alto vuoto, e Movicon monitora anche gli stati di allarmi e preallarme del controllo perdite del vuoto, sottosistema costituito da 45 vacuometri e 41 valvole di sezionamento (tra le quali valvole manuali, elettropneumatiche e valvole rapide), con la possibilità di comandare ed isolare il tratto in cui si manifesta una perdita.



Grazie alla tecnologia Web Client di Movicon, i ricercatori che utilizzano l'Acceleratore di Particelle DAFNE possono connettersi al sistema anche grazie alle APP per iPhone ed iPad.

L'impatto energetico del nuovo sistema di controllo

L'INFN di Frascati, con il suo team di tecnici, sta attuando da alcuni anni a questa parte una politica di risparmio energetico che ha anche coinvolto il progetto di revamping del sistema di controllo degli impianti ausiliari dell'acceleratore di particelle DAFNE. La somma dei vari interventi sull'acceleratore ha consentito di ridurre il consumo complessivo dall'iniziale valore di 5,9 MW all'attuale di 3,3 MW, permettendo un taglio notevole alla bolletta elettrica che negli anni ha parallelamente visto più che raddoppiare i costi del kWh. L'impatto energetico, oltre ad avere un aspetto ambientale e morale, è dominato dalla necessità di rendere economicamente sostenibile il funzionamento dell'acceleratore il cui costo principale è proprio l'energia elettrica.

La realizzazione del nuovo sistema di controllo, oltre ad individuare e sanare una serie di problemi cronici degli impianti, consente ora di gestirli con maggiore affidabilità. Come risultato secondario, ma non trascurabile, è ora possibile esercire gli impianti di raffreddamento con un numero minore di pompe e torri evaporative in servizio, pur dimostrando un tasso di affidabilità superiore. Inoltre sono state introdotte logiche di ottimizzazione, finalizzate alla riduzione dei consumi. Complessivamente, per il sistema di raffreddamento degli impianti DAFNE, il risparmio medio ottenuto con una regolazione più ottimizzata è di circa 70 kW, che, su impianti che lavorano 6000 ore l'anno, fanno ripagare l'investimento in un solo anno.

Il ruolo di Movicon

Con Movicon si rappresenta tutta la situazione del sistema attraverso Trend,

Allarmi con filtri per zone, data causale, e si analizzano gli andamenti delle grandezze storiche con l'utilizzo di DataLogger e dei DataAnalysis. La raccolta dati da diversi dispositivi è stata infatti possibile con l'utilizzo del Multidriver ed in particolare con la modalità Shared memory per integrare il dialogo verso il sistema HVAC della sala dell'esperimento che utilizza macchine non standard per la climatizzazione ambiente. Gli strumenti messi a disposizione da Movicon hanno permesso di interfacciarsi agevolmente con apparecchiature molto vecchie e con protocolli proprietari.

Gli operatori e i manutentori che accedono al sistema, hanno ora a disposizione 4 web client per avere la situazione sempre sotto controllo, soprattutto quando svolgono operazioni o interventi direttamente nei punti critici. Il sistema di supervisione degli impianti ausiliari dell'acceleratore di particelle DAFNE è anche collegato ad altri impianti che sono stati inseriti nella stessa piattaforma di supervisione, come l'HVAC del CED e la camera bianca del Laser a Elettroni Liberi (FEL), utilizzato per il progetto SPARC, indipendenti da DAFNE.

Conclusioni

In conclusione, INFN ha raggiunto ottimi risultati con il revamping del proprio sistema di controllo e l'implementazione della supervisione Movicon. Fra gli aspetti particolarmente curati c'è la continuità operativa dell'acceleratore, anche durante le fasi di manutenzione e gestione degli impianti (es. scambio pompe, ottimizzazione del numero di componenti in servizio in funzione delle condizioni ambientali e di carico). Sono state studiate, implementate e provate molteplici condizioni di funzionamento dei sistemi, dimostrando

resilienza a un numero elevato di guasti possibili e minimizzando le condizioni d'indisponibilità dei sottosistemi.

L'aggiornamento tecnologico con l'aggiunta della supervisione centralizzata in sala controllo e degli accessi web per gli operatori con differente profilo e mansione ha portato all'abbattimento del numero e dei tempi di fermo. Il nuovo sistema di supervisione è stato concepito con l'obiettivo di essere uno strumento di lavoro sia per i tecnici specialistici dei singoli impianti, sia per i fisici e gli operatori di macchina (ovvero l'acceleratore) che non hanno competenze specifiche degli impianti ma che ora lo utilizzano insieme agli altri sistemi presenti nella sala controllo dell'acceleratore, migliorando le prestazioni e individuando problemi con maggiore facilità. Oggi le informazioni che prima erano disponibili solo agli specialisti sul campo, sono utilizzate dai fisici in relazione con migliaia di altri parametri che governano l'acceleratore. Un ulteriore risultato non meno importante è stato l'apporto fornito alla riduzione dei consumi di energia elettrica che ha contribuito al raggiungimento degli obiettivi prefissati dall'Istituto finalizzati alla riduzione del consumo energetico. Il lavoro svolto rappresenta senza dubbio una manifestazione dell'eccellenza italiana, vedendo la collaborazione dell'INFN, un centro di ricerca



INFN ha raggiunto ottimi risultati con il revamping del proprio sistema di controllo, anche grazie all'implementazione della supervisione con Movicon.

italiano riconosciuto a livello internazionale, di Progea srl, azienda modenese leader tra i produttori internazionali di piattaforme software per l'automazione e di Automate srl, System Integrator romano leader nel settore dell'automazione industriale.

Ing. Merco Roberto
Automate Srl