

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale
Laurea Specialistica

DIEM

Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni Meccaniche,
Nucleari, Aeronautiche e di Metallurgia

Tesi di Laurea in
Sistemi di produzione avanzati

ANALISI E PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA
INFORMATIVO PER LA RINTRACCIABILITÀ
DEL PRODOTTO

Il caso Elettonica Santerno S.p.A Gruppo Carraro

Presentata da:
CANDORI DANIELE

Relatore:
Prof.ssa
MORA CRISTINA

Anno Accademico
2008/2009

Sessione III

*“... Volontà, se non vuol, non s’ammorza,
ma fa come natura face in foco,
se mille volte violenza il torza ...”*

(Paradiso IV, 76-78)

Prefazione

Nel corso di questi miei anni universitari, ho sviluppato sempre più la certezza che esistano valide e reali alternative alle fonti energetiche (carbon fossile, petrolio e derivati) universalmente usate in questo secolo di sviluppo industriale. Con questa convinzione ho iniziato a guardarmi attorno per cercare un progetto di Tesi che permettesse di introdurmi nel mondo delle energie cosiddette “alternative” (eolico, fotovoltaico, ecc.).

Mi ritengo perciò fortunato ad aver avuto, date le circostanze del mercato del lavoro attuale, la possibilità di entrare in un contesto aziendale come quello di Elettronica Santerno, azienda imolese leader su scala mondiale nella progettazione e produzione di convertitori (inverter) e motori elettrici per l’industria. Elettronica Santerno è attiva prevalentemente nei settori dell’automazione e nella gestione delle energie rinnovabili.

Il mio principale obiettivo è stato quello di conoscere in maniera approfondita l’organizzazione aziendale e sviluppare in seguito un progetto utile all’azienda stessa. La tesi si concentrerà inizialmente sullo studio della situazione presente in azienda e sui suoi prodotti.

Solo in seguito verrà presentata l’analisi e la progettazione di una applicazione che permetta la rintracciabilità di un prodotto (costruito in *outsourcing*) in tutte le fasi della sua vita (dall’assemblaggio iniziale fino alla sua immissione e utilizzo dal cliente finale). L’obiettivo è quindi quello di risalire ai dati (individuati come sensibili) per ogni prodotto costruito conoscendo il suo S/N.

Iniziata il 18 settembre 2009 e terminata il 26 febbraio 2009 questa mia esperienza di stage in Elettronica Santerno ha portato al seguente elaborato.

Indice

| | |
|--|-----------|
| <i>Prefazione</i> | I |
| 1 Introduzione | 1 |
| 1.1 Organizzazione della tesi | 3 |
| 2 Elettronica Santerno | 5 |
| 2.1 Cenni Storici | 5 |
| 2.2 Settori di mercato | 7 |
| 2.3 Struttura organizzativa | 8 |
| 3 Esigenza di rintracciabilità delle informazioni | 11 |
| 3.1 Gestione dei dati di prodotto | 11 |
| 3.1.1 Definizione di tracciabilità | 11 |
| 3.1.2 Giustificazione razionale alla tracciabilità | 13 |
| 3.2 Manuale della qualità di Elettronica Santerno | 15 |
| 3.2.1 PDCA | 17 |
| 3.3 Esigenze | 20 |
| 3.4 Definizione del progetto | 21 |
| 3.5 Organizzazione del progetto | 21 |
| 4 Mappatura del flusso informativo | 25 |
| 4.1 Analisi bollettino di collaudo cartaceo | 27 |
| 4.1.1 Nuove necessità | 30 |
| 4.2 Certificato Identificazione Prodotto | 31 |
| 5 Analisi dei requisiti | 35 |
| 5.1 Introduzione | 35 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.2 | Utenti del sistema | 39 |
| 5.3 | Definizione dei requisiti funzionali | 40 |
| 5.4 | Diagramma del flusso di dati nel sistema | 45 |
| 5.5 | Scelte tecnologiche: applicazioni web-based | 49 |
| 5.5.1 | Architettura di una applicazione web | 50 |
| 6 | Progettazione | 53 |
| 6.1 | Progettazione concettuale | 54 |
| 6.2 | Progettazione logica | 60 |
| 6.3 | Progettazione fisica | 62 |
| 6.3.1 | Il prototipo | 62 |
| 7 | Indici di performance | 71 |
| 7.1 | KPI in Elettronica Santerno | 74 |
| | <i>Conclusioni</i> | 79 |
| | <i>Considerazioni finali</i> | 79 |
| | <i>Sviluppi finali</i> | 81 |
| A | FTP | 83 |
| A.1 | Implemetazione del C.I.P. tramite FTP | 85 |
| | Appendice A.A | 88 |
| B | ABC dell'inverter | 101 |
| | Introduzione | 101 |
| B.1 | Il motore asincrono trifase | 102 |
| B.1.1 | Avviamento Diretto | 104 |
| B.1.2 | Avviamento a Tensione Ridotta | 105 |
| B.1.3 | Avviamento Stella/Triangolo | 105 |
| B.1.4 | Avviamento con Soft Starter | 106 |
| B.2 | L'inverter a frequenza variabile | 106 |
| B.2.1 | Controllo con Inverter a Frequenza Variabile | 109 |
| B.3 | Considerazioni di utilizzo | 112 |
| B.3.1 | Tensione massima di uscita | 112 |
| B.3.2 | Funzionamento a Potenza Costante | 112 |
| B.3.3 | Frenatura del Carico | 114 |

| | | |
|--------------------------------|--|----------------|
| B.3.4 | Interfaccia e Comandi | 115 |
| B.3.5 | Funzioni Speciali | 116 |
| B.4 | Altri Inverter | 117 |
| B.4.1 | Controlli per Motore Brushless | 117 |
| B.4.2 | Inverter per Alimentazione di Servizi | 117 |
| B.4.3 | Gruppi di Continuità | 117 |
| B.4.4 | Inverter per Pannelli Fotovoltaici | 118 |
| B.5 | Procedura di Collaudo di un Inverter Industriale | 119 |
| B.5.1 | Operazioni Preliminari sul cablaggio | 121 |
| B.5.2 | Prova di Isolamento Elettrico | 121 |
| B.5.3 | Alimentazione e Verifiche Preliminari dei parametri software | 122 |
| B.5.4 | Prova a Carico Ridotto | 123 |
| B.5.5 | Test di Sovraccarico | 125 |
| B.5.6 | Ciclo di Burn-In | 125 |
| B.5.7 | Test di Limitazione di Corrente | 125 |
| B.5.8 | Frenatura Dinamica | 126 |
| B.5.9 | Algoritmi di Funzionamento | 126 |
| Appendice B.A | | 131 |
| <i>Bibliografia</i> | | 137 |
| <i>Sitografia</i> | | 139 |

Elenco delle figure

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | Organizational Chart di Elettronica Santerno | 9 |
| 3.1 | Fasi di realizzazione di un prodotto | 16 |
| 3.2 | PDCA (fonte: [10]) | 18 |
| 3.3 | Modello approssimazioni successive | 23 |
| 4.1 | Mappa del flusso produttivo analizzato | 26 |
| 4.2 | Bollettino cartaceo | 28 |
| 4.3 | Bollettino cartaceo | 29 |
| 4.4 | Certificato Identificazione Prodotto | 33 |
| 4.5 | Certificato Identificazione Prodotto | 34 |
| 5.1 | Processo di creazione del prodotto | 36 |
| 5.2 | Individuazione dei requisiti | 37 |
| 5.3 | Evoluzione dei requisiti | 38 |
| 5.4 | Diagramma data-flow: legenda | 46 |
| 5.5 | Diagramma data-flow: autenticazione | 46 |
| 5.6 | Diagramma data-flow: assemblatore | 47 |
| 5.7 | Diagramma data-flow: accettazione | 48 |
| 5.8 | Diagramma data-flow: collaudatore E.S. | 48 |
| 5.9 | Diagramma data-flow: service E.S. | 49 |
| 5.10 | Architettura tipica di una applicazione web | 51 |
| 6.1 | Fasi per la progettazione di un database | 54 |
| 6.2 | Schema concettuale | 55 |
| 6.3 | Schema logico del database | 61 |
| 6.4 | Prototipo: User Login | 65 |

| | | |
|------|---|----|
| 6.5 | Prototipo: Utente Assemblatore | 66 |
| 6.6 | Prototipo: C.I.P. prima pagina | 66 |
| 6.7 | Prototipo: C.I.P. seconda pagina | 67 |
| 6.8 | Prototipo: Archivio C.I.P. | 67 |
| 6.9 | Prototipo: Utente Accettazione | 68 |
| 6.10 | Prototipo: Utente Collaudo E.S. | 68 |
| 6.11 | Prototipo: Modifica C.I.P. da parte dell'Utente Collaudo E.S. . . . | 69 |
| 6.12 | Prototipo: Utente Service E.S. | 69 |
| | | |
| A.1 | FTP: Pagina iniziale | 84 |
| A.2 | FTP: Pagina di lavoro dell'azienda terzista | 85 |
| A.3 | FTP: Pagina iniziale di lavoro di Elettronica Santerno | 86 |
| A.4 | FTP: Pagina di lavoro di Elettronica Santerno | 87 |
| A.5 | FTP: Operazione di trasferimento file | 87 |

Capitolo 1

Introduzione

L'attuale periodo di incertezza economica e l'elevata competitività del mercato hanno reso obsolete le formule di business (e di successo) tradizionali. Per risultare competitive, le organizzazioni così come le singole funzioni interne, devono porre maggiore attenzione all'efficienza dei processi aziendali, in quanto "veicolo" di valore per il cliente e quindi di competitività aziendale.

Con l'evoluzione dei mercati, molti processi aziendali assumono una importanza strategica ed una rilevanza che deve sfociare in azioni di miglioramento continuo. Come è noto, ad ogni processo è associata una quantità eterogenea di informazioni. La classificazione di queste informazioni assume quindi un valore importante per tutte le aziende.

Per prendere decisioni rapide ed efficienti, i dipendenti hanno bisogno di accedere rapidamente alle informazioni corrette ovunque siano ubicate. Tuttavia, molte aziende continuano ancora a classificare (in parte o totalmente) i dati manualmente, utilizzando criteri diversi, con un impatto negativo sull'efficienza aziendale, con un aumento dei costi e dei tempi richiesti per la ricerca ed il recupero delle informazioni.

Oggi la tecnologia assume una duplice veste: in primis fattore causale corrispondente dell'evoluzione della dinamica competitiva e fattore strumentale per il raggiungimento degli obiettivi programmati da un reparto aziendale o dall'azienda stessa. La tecnologia in questione è quella informatica (Information Technology, I.T. in breve), relativa cioè al trattamento delle informazioni sotto il profilo della loro elaborazione, conservazione e trasferimento. Nessuna tecnologia è oggi altrettanto pervasiva quanto l'informatica; tecnologia che offre strumenti e tecniche

funzionali agli obiettivi delle aziende e degli enti. La ricerca dell'efficienza e l'aumentata velocità di reazione e di innovazione sono essenziali per ottenere vantaggi competitivi sui mercati. Il perentorio sviluppo dell'I.T. ha allargato i confini territoriali delle aziende moltiplicandone i canali di distribuzione; ha consentito inoltre lo sviluppo di procedure di controllo operativo più efficienti, con l'avvio di sistemi di programmazione, controllo e pianificazione impensabili fino a qualche anno fa. I vantaggi che derivano dall'applicazione di un sistema informatizzato rispetto ad una procedura manuale sono noti ed essenzialmente riconducibili a:

- velocità: è il primo e fondamentale requisito;
- riduzione dei tabulati: le procedure informatiche tendono a scrivere solo quello che in fase di analisi è stato identificato come necessario;
- elevato grado di esattezza: le procedure informatiche forniscono, a parità di dati di partenza, sempre lo stesso risultato evitando i possibili errori causati dalle operazioni manuali;
- la chiarezza: la modalità con cui i risultati sono presentati di solito non dà adito a dubbi interpretativi.

Questa tesi, ha come obiettivo l'analisi e la progettazione di un sistema informativo, che permetta di mappare il flusso di dati che un prodotto (Inverter) genera, da quando viene effettuato l'ordine di produzione, fino a quando il prodotto viene spedito al cliente finale. Il progetto è stato realizzato in Elettronica Santerno, azienda italiana leader a livello nazionale ed internazionale nella progettazione e vendita di inverter industriali, eolici e fotovoltaici. Elettronica Santerno è un'azienda che progetta i propri prodotti, li costruisce completamente in outsourcing, ne effettua il collaudo finale (che fornisce un valore aggiunto) prima di spedirli al cliente finale.

In questo contesto assume quindi fondamentale importanza mappare il flusso di dati che intercorre fra l'azienda stessa e gli assemblatori che costruiscono il prodotto, unitamente ai risultati del collaudo effettuato in seguito. Alcune di queste informazioni, prima dell'avvio di questo progetto, venivano tracciate mediante un bollettino cartaceo compilato in fase iniziale dall'assemblatore e una volta che l'inverter arrivava in Elettronica Santerno, i collaudatori interni ne terminavano la

compilazione.

Non esiste quindi una collezione strutturata di dati in un database, bensì archivi cartacei di bollettini compilati manualmente. Un operatore, per poter risalire ai dati di un singolo inverter, doveva effettuare una ricerca manuale, con l'elevata probabilità che il bollettino fosse incompleto o riportasse valori errati.

Per questo motivo è nato un progetto in grado di automatizzare queste procedure. L'obiettivo dichiarato è progettare un'applicazione che permetta ad ogni operatore (interno o esterno all'azienda), previa sua identificazione, di compilare (parzialmente o completamente a seconda del proprio ruolo) un bollettino informatizzato. Questo bollettino verrà progettato in modo da tenere traccia di tutti i dati ritenuti sensibili, lungo il processo di costruzione e collaudo del prodotto di Elettronica Santerno e che riduca inoltre al minimo le possibilità di errore, permettendo contestualmente un recupero veloce delle informazioni cercate.

1.1 Organizzazione della tesi

Essendo una tesi svolta in ambito aziendale è risultato necessario evidenziare sia le fasi che hanno portato alla realizzazione del progetto sia il contesto aziendale in cui ci si è inseriti per poterlo sviluppare.

- **CAPITOLO 2: ELETTRONICA SANTERNO**

In questa sezione, si descrive un quadro complessivo dell'azienda Elettronica Santerno, facendo cenno alla sua storia e alla sua struttura organizzativa. Si presentano inoltre i principali prodotti dell'azienda e i settori di mercato in cui è protagonista.

- **CAPITOLO 3: ESIGENZA DI RINTRACCIABILITÀ DELLE INFORMAZIONI**

In questo capitolo si dedica la prima parte, all'analisi dei motivi che spingono le aziende verso una maggior esigenza di tracciabilità dei dati di prodotto e si analizza il supporto che possono fornire gli strumenti informatici. In seguito si definiscono le esigenze dell'azienda e gli step operativi coi quali si arriverà alla progettazione di un sistema informativo idoneo al supporto delle richieste formulate dai vertici aziendali.

- **CAPITOLO 4: MAPPATURA DEL FLUSSO INFORMATIVO**

Nel Capitolo 4 vengono analizzati gli strumenti e le metodologie (prima dell'avvio di questo progetto) utilizzate per tracciare i dati relativi ad ogni inverter. Si propone poi la soluzione individuata per rispondere ai problemi esistenti.

- **CAPITOLO 5: ANALISI DEI REQUISITI**

In questa sezione si definiscono le caratteristiche del sistema che si andrà a progettare; vengono descritte quindi le caratteristiche di ogni utente, che potrà accedere al sistema e si farà cenno alla tecnologia che supporterà l'implementazione del progetto.

- **CAPITOLO 6: PROGETTAZIONE**

La progettazione è parte essenziale, e di fondamentale importanza, per soddisfare i requisiti formulati in precedenza e porre la base per una buona implementazione del sistema. Si divide in: progettazione del database; realizzazione di un prototipo dell'applicazione per poter simulare la realtà, con relativi problemi e richieste (difficili da individuare nella progettazione teorica).

- **CAPITOLO 7: INDICI DI PERFORMANCE**

Si definiscono degli indicatori qualitativi e quantitativi, che misurano le *performance* del sistema progettato; si individuano le aree aziendali dove lo strumento ha apportato migliorie. Infine si discute sugli sviluppi futuri di questo strumento allo scopo di avere miglioramento continuo nella mappatura delle informazioni prodotte dalla costruzione e vendita degli inverter.

- **APPENDICE A: FTP**

Viene qui descritta una prima modifica apportata in azienda per migliorare la rintracciabilità di un bollettino. Si inserisce infatti un bollettino informatico, eliminando completamente quello cartaceo, si ha lo scambio di questi dati tramite il File Transfer Protocol (FTP).

- **APPENDICE B: ABC DELL'INVERTER**

Condizione necessaria per lo sviluppo di questo progetto è avere una discreta conoscenza del funzionamento teorico di un inverter e relative procedure di collaudo effettuate all'interno di Elettronica Santerno.

Capitolo 2

Elettronica Santerno

2.1 Cenni Storici

L'azienda Elettronica Santerno fu fondata a Imola nel 1970 e grazie ad *know-how* proprietario e consolidato, nel corso degli anni è divenuta una realtà industriale riconosciuta in ambito nazionale e internazionale nella progettazione e produzione di convertitori elettronici, nei settori dell'automazione industriale e delle energie rinnovabili.

Di seguito viene presentata una breve panoramica di come si è evoluta l'azienda nel corso di questi quasi 40 anni:

- 1970 nasce Elettronica Santerno. Durante il primo decennio si ha una produzione e commercializzazione in ambito internazionale di sistemi di supervisione e prodotti per l'elettronica di potenza e inverter.
- 1983 l'azienda ottiene dal MIUR (Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca) l'importante riconoscimento di "Laboratorio altamente qualificato".
- 1985 vengono realizzati con tecnologia proprietaria 100 bus ibridi (alimentati a batteria e diesel) e inizia l'attività di ricerca e sviluppo nell'ambito delle energie rinnovabili.
- 1990 Elettronica Santerno entra a far parte della Busi S.p.A., importante gruppo industriale e finanziario bolognese che le consente di competere sui mercati globalizzati.

- 1997 il sistema aziendale di Qualità viene certificato secondo la norma UNI EN ISO 9001 TUV dall'ente DNV (Det Norske Veritas).
- 1999 viene aperto il presidio commerciale Santerno Industrial do Brasil.
- 2002 Elettronica Santerno introduce nella sua gamma di produzione motori elettrici costruiti e collaudati con standard qualitativi europei.
- 2004 viene aperta la filiale commerciale russa Zao Santerno.
- 2006 Elettronica Santerno entra a far parte del Gruppo Carraro. L'operazione si colloca in una strategia di acquisizione (da parte di Carraro Group) di aziende ad alto contenuto tecnologico.
- 2009 viene aperta la filiale Elettronica Santerno Espana.
- 2009 viene aperta la filiale commerciale Santerno Inc.(USA).

Ad oggi Elettronica Santerno opera quindi in quattro campi :

- automazione industriale: controllo di motori e azionamenti per vari settori (trattamento acque, industriale, applicazioni stazionarie).
- inverter per l'energia solare.
- inverter per generatori eolici.
- motori elettrici e sistemi di trazione ibrida.

Tutta la gamma di apparecchiature prodotte da Elettronica Santerno è certificata e conforme alle normative internazionali di prodotto (CE, UL, CSA, CCC e GOST).

2.2 Settori di mercato

Dopo le acquisizioni del gruppo Carraro, Elettronica Santerno è attiva in quattro segmenti di mercato:

1. *Automazione Industriale.*

I prodotti destinati all'automazione industriale (inverter, convertitori AC/CC, motori asincroni, ecc.) progettati e commercializzati da Elettronica Santerno sono venduti in tutto il mondo e sono fra tutti i prodotti dell'azienda, i più importanti in termini di numero ordini. I mercati di riferimento sono Australia (primo cliente in assoluto), Canada (presenza di una filiale commerciale), Brasile e Russia. In questi ultimi due paesi sono presenti due filiali dirette e il mercato è in continua espansione.

L'azienda inoltre ha stipulato accordi con 42 fornitori di servizio, in tutto il mondo, che garantiscono al cliente finale una assistenza qualificata Elettronica Santerno.

2. *Fotovoltaico.*

In questo settore Elettronica Santerno è leader assoluta in Italia; ottimi risultati di vendita si hanno anche in Spagna (filiale commerciale), Germania, California (appena inaugurata una filiale), Ontario, Francia, Belgio, Repubblica Ceca, Austria, Australia, Grecia, Cina (presenza di un grosso impianto), Israele, Sud Africa e Tunisia. L'offerta in questo settore comprende gli inverter solari, include le batterie a carica solare e le cassette stringa e controlli remoti.

In questo settore Elettronica Santerno è decima al mondo ma se si considera solo il mercato degli inverter trifase si piazza al quinto posto (quarto in Europa).

3. *Eolico.*

Questo settore è attualmente in via di sviluppo, in quanto le attività di ricerca, sviluppo e progettazione di questi prodotti sono particolarmente complesse e lunghe. A questo scopo sono presenti due centri di progettazione, uno nella sede principale italiana e uno in India (dove da un anno e otto mesi è in fase di studio un progetto per un campo eolico). Per quanto riguarda invece il minieolico in Italia Elettronica Santerno è leader assoluta.

4. *Trazione ibrida.*

Oltre a motori ibridi (più di 100 bus ibridi prodotti dal 1998) Elettronica Santerno progetta e vende motori elettrici. Punta di diamante di questa area è la progettazione di sistemi di movimentazione material handling (motivo principale per cui è stata acquisita dal gruppo Carraro). L'azienda è anche impegnata nella ricerca di nuove soluzioni e partecipa a progetti (finanziati dallo stato) con scadenze temporali lunghe.

Grazie alla vocazione al risparmio energetico e l'ingresso in un gruppo internazionale come Carraro, Elettronica Santerno ha visto raddoppiare a partire dal 2006, il proprio fatturato, da un ricavo di 19 milioni di euro a 30 nel 2007 e a 63 nel 2008.

2.3 Struttura organizzativa

Nel settembre 2006 il gruppo Carraro (leader mondiale nella trasmissione di potenza meccanica) ha acquistato il pacchetto di controllo di Elettronica Santerno, che è così entrata nella struttura organizzativa/commerciale del gruppo.

L'obiettivo dichiarato dell'acquisizione era quello di rafforzare la struttura operativa di Elettronica Santerno; questa operazione faceva inoltre parte di una complessa strategia di acquisizione di aziende ad alto contenuto tecnologico e di innovazione, per mantenere e sviluppare la posizione di leadership tecnologica del gruppo Carraro.

La sede principale di Elettronica Santerno è ad Imola e ad oggi impiega più di 162 addetti, compresi i dipendenti delle società collegate.

Elettronica Santerno ha le attività di produzione demandate in outsourcing, e per questo il vero valore aggiunto dell'azienda è insito nelle attività di progettazione e di collaudo del prodotto finito.

Di seguito viene riportato l'organigramma aziendale:

La organizational chart evidenzia quattro aree propriamente dette "operative", ognuna con uno specifico ruolo.

- *Engineering.*

Area adibita alla progettazione hardware e software dei prodotti che verranno poi immessi sul mercato, e alla traduzione tecnica delle richieste fatte

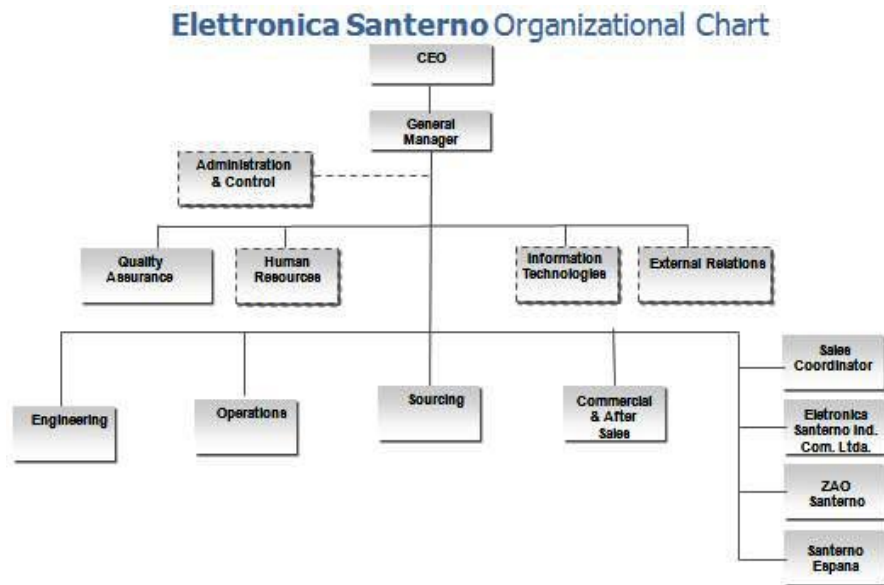


Figura 2.1: Organizational Chart di Elettronica Santerno

dal cliente. Per ogni tipologia di prodotto (inverter industriale, inverter fotovoltaico, inverter eolico, cabinati, ecc.) si ha la supervisione del Product Manager di competenza che deve seguire ogni progetto in tutte le sue fasi di sviluppo. È in questa area che si ha la ricerca e lo sviluppo di nuovi prodotti (per anticipare la concorrenza) e i miglioramenti (richiesti dalle normative o semplicemente per soddisfare il mercato) su quelli esistenti.

- *Operations.*

In quest'area vengono rese operative le specifiche tecniche fornite dall'engineering. Si occupa di comunicare ai fornitori la modalità di assemblaggio dei prodotti e fornisce loro le distinte delle materie prime utilizzate. Agisce come mediatore fra le richieste dell'ingegneria e quelle dei terzisti e fornisce un costante monitoraggio dello stato di avanzamento del prodotto. Infine, quando l'assemblato finale arriva in Elettronica Santerno, si occupa della fase di collaudo, prima di dichiararlo conforme alle specifiche e lo rende disponibile per la spedizione al cliente finale.

- *Sourcing.*

Si occupa dell'approvvigionamento delle risorse necessarie all'operatività delle altre aree aziendali (materie prime e servizi) e si occupa inoltre di fornire

le risorse ai terzisti che lavorano e assemblano i prodotti per Elettronica Santerno.

- *Commercial & After Sales.*

Quest'area è adibita al contatto diretto col cliente/mercato, sia per la commercializzazione e pubblicizzazione dei prodotti di Elettronica Santerno sia per l'assistenza post-vendita. Inoltre ha il compito di individuare le precise richieste di un cliente, facendolo comunicare con la progettazione e di fornire all'operations stime di vendita future per ogni segmento di mercato. Quest'area è anche adibita alla formazione di personale tecnico qualificato per i centri di assistenza (dislocati sul territorio) che possa, in caso di guasto dei prodotti di Elettronica Santerno, essere una valida alternativa ai tecnici della sede centrale.

Trasversali a queste aree vi sono: l'area adibita alla Qualità che vigila su ogni attività aziendale (dalla richiesta del cliente fino al servizio di post vendita); l'area delle Risorse Umane; l'Area Communications (che cura l'immagine dell'azienda e i suoi rapporti col mercato esterno) e infine l'area dell'IT che ha il compito di supportare ogni processo mediante la tecnologia informatica (supporto tecnico per un Pc non funzionante, formazione del personale su un determinato strumento software e sviluppo di soluzioni informatiche per agevolare il lavoro di una determinata area).

Capitolo 3

Esigenza di rintracciabilità delle informazioni

3.1 Gestione dei dati di prodotto

Da alcuni anni, in ambito aziendale, sta aumentando la consapevolezza sul ruolo fondamentale della gestione delle informazioni relative al prodotto. Questo deriva dalla convinzione che le informazioni rappresentano una risorsa fondamentale per facilitare i processi di integrazione all'interno della *supply chain* e sono altrettanto fondamentali nel risolvere le criticità (anche nel post vendita) nell'attuale contesto lavorativo, caratterizzato da una elevata dinamicità. Si pensi alla complessità generata dall'esplosione del volume di dati da gestire, effetto di un progressivo aumento del numero e della varietà di configurazioni dei prodotti commercializzati; in questo contesto si deve riflettere anche sulle difficoltà che le imprese incontrano nel tentativo di integrare i dati e le informazioni disponibili nei diversi database sviluppati a supporto delle varie attività (progettazione, produzione e commercializzazione di un prodotto).

3.1.1 Definizione di tracciabilità

Per tracciabilità si intende la “capacità di ritrovare la storia, l'utilizzo o la localizzazione di un'entità mediante un'identificazione registrata”.

Dal punto di vista dell'*utente*, la tracciabilità è la capacità di seguire i prodotti nello spazio e nel tempo, mentre dal punto di vista della *gestione dell'informazione*,

un sistema di tracciabilità consiste nell'associare sistematicamente un flusso di informazioni a un flusso di oggetti, ossia un flusso logico ad un flusso fisico.

Per fare ciò, si possono scegliere due strade diverse: quella del “database a bordo” che prevede la presenza sull'oggetto di un veicolo (per esempio un'etichetta con codice a barre, che contiene il maggior numero possibile di informazioni); oppure quella che prevede la presenza sull'oggetto di un semplice dato identificativo che funge da “puntatore” di altri dati, i quali risiedono su un sistema informativo fisso. Studiando l'etimologia delle parole tracciabilità e rintracciabilità si impara che i due termini sono i corrispettivi delle parole inglesi *track* e *trace* e indicano i due sensi della ricerca di informazioni: discendente è la tracciabilità che consente di sapere dove va un oggetto (dalla produzione alla distribuzione); ascendente è la rintracciabilità che consente di sapere da dove è venuto un oggetto (dalla distribuzione alla produzione).

Secondo un'altra interpretazione, la tracciabilità (*track*) indica il processo che permette di stabilire quali informazioni devono essere registrate e messe in evidenza, ovvero l'attività di “lasciare una traccia”, mentre la rintracciabilità (*trace*) è la capacità di ritrovare queste informazioni lungo la catena, quindi quella di “ritrovare la traccia”. Quest'ultima può quindi essere, ascendente, discendente o se possibile in entrambi i sensi.

Bisogna abbinare in modo univoco unità logiche con i lotti produttivi che hanno subito lo stesso processo di trasformazione.

Poichè la tracciabilità di filiera non si riferisce alla produzione generica di una data azienda, ma ad ogni unità di prodotto materialmente identificabile, la gestione dei processi produttivi deve essere fatta “per lotti”, in modo che sia sempre possibile l'identificazione delle aziende che hanno contribuito alla produzione di un componente, di un semilavorato o di un lotto di prodotto.

Gestire la tracciabilità significa quindi attribuire un identificatore univoco a ciascun raggruppamento di prodotti e seguirne il percorso fino al consumatore.

Tracciabilità non significa tracciare tutto ciò che è possibile, ma solo ciò che è utile e necessario.

3.1.2 Giustificazione razionale alla tracciabilità

Le aziende sanno che per rendere competitiva la supply chain in cui sono inserite, devono fornire ciò che il cliente richiede in termini di prodotto e servizi accessori, nello specifico momento in cui lo desidera, al minor costo possibile. Questo obiettivo ambizioso, implica un forte impegno sui fronti che impattano sulla soddisfazione del cliente: il tempo, il costo e la qualità. L'exasperazione della competizione su questi fronti sta ponendo le aziende sotto pressione, tanto che il *management* è chiamato continuamente a proporre e sperimentare nuove soluzioni gestionali nel tentativo di ottenere miglioramenti nelle prestazioni sopra citate.

Analizziamo brevemente come i miglioramenti interni, ottenuti nella gestione dei dati, possano effettivamente aumentare la qualità percepita dal cliente:

1. *Controllo dei dati di prodotto.*

La capacità di effettuare un adeguato controllo sui dati di prodotto è un obiettivo particolarmente difficile da perseguire.

In primo luogo, c'è una costante crescita del volume di dati da gestire (trend in aumento sia nello sviluppo di nuovi prodotti che nell'offerta di configurazioni personalizzate). A ciò si aggiunga la proliferazione dei disegni in formato elettronico (risultato del crescente impiego da parte delle aziende di strumenti di scansione delle immagini). Quindi, parallelamente alla crescita quantitativa, si ha anche una proliferazione delle tipologie di dati da gestire. Con i nuovi strumenti gestionali vengono poste le basi per un processo volto a garantire:

- l'integrità, ovvero l'esistenza di una sola versione *master* del dato, che viene aggiornata ogni qualvolta si ponga in essere un processo di modifica;
- l'archiviazione in un data base centrale, il cui accesso è discriminato secondo opportuni livelli;
- affidabile gestione delle modifiche (che si rendono necessarie durante il ciclo di vita del prodotto) con la possibilità di ricostruire a posteriori il processo di modifica.

2. *Disponibilità dei dati di prodotto.*

Durante gli anni Ottanta le aziende manifatturiere hanno fatto massicci in-

vestimenti in applicazioni finalizzate a raccogliere dati di prodotto. Il risultato fu una combinazione di soluzioni sviluppate “su misura” e di soluzioni più standardizzate che hanno portato alla creazione di “isole di dati”. Nonostante gli sforzi tesi a omogeneizzare le applicazioni impiegate, lo scenario attuale manifesta ancora una forte segmentazione, con la presenza di soluzioni tra loro indipendenti, ognuna delle quali è orientata a uno specifico scopo; e presenta in output dati non condivisibili determinando notevoli difficoltà di comunicazione fra i soggetti aziendali e interaziendali.

In un siffatto contesto si cerca quindi di adottare sistemi di integrazione che garantiscano la piena disponibilità dei dati di prodotto, ovvero la possibilità che i singoli soggetti coinvolti nel ciclo di vita del prodotto condividano i dati.

Modalità di condivisione dati:

- in modo *user friendly*: ciascun utente è in grado di interrogare personalmente la base dati per ottenere il dato cercato, senza che vi sia la necessità dell'intervento di un operatore specializzato;
- da qualsiasi postazione abilitata: ciascun utente, purchè abilitato secondo i parametri di discriminazione (accesso discriminato), può accedere alla base dati senza che vi sia la necessità di una procedura o una soluzione informatica ad hoc per la conversione e il trasferimento dei dati;
- simultaneamente ad altri utenti: un medesimo dato può essere consultato contemporaneamente da più utenti che hanno la necessità di disporre del dato per svolgere le attività di cui sono responsabili.

3. *L'automazione del flusso dei dati di prodotto.*

Con l'adozione dei sistemi gestionali (trattamento dei dati) si ottiene l'automazione del flusso delle informazioni lungo la supply chain. È importante sottolineare che il focus non è sulla gestione delle singole attività svolte, ma sull'integrazione di tali attività; tale risultato è ottenuto grazie alla possibilità di queste applicazioni di rendere automatico il trasferimento dei dati, delle informazioni, dei documenti e di tutto ciò che ai dati è in qualche misura collegato.

Con l'automazione del flusso di dati si avrà quindi un notevole miglioramento

sulle prestazioni aziendali (tempo, qualità e costo). In particolare, i miglioramenti di maggior rilievo si avranno sul processo di sviluppo del prodotto e sulla gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM).

In sintesi, l'automazione del flusso dei dati, se ben fatta produrrà maggiore qualità del prodotto, snellimento dei processi aziendali, migliore utilizzo di tutte le risorse aziendali (uomini, strumenti, macchine, ecc.), riduzione del costo del prodotto (ottenuto con migliori soluzioni progettuali e con l'incremento della produttività individuale).

3.2 Manuale della qualità di Elettronica Santerno

Come ogni azienda dimensionalmente rilevante, anche in Elettronica Santerno è stato redatto un Manuale della Qualità, che ha come obiettivo il rispetto della norma UNI EN ISO 9001. Le linee guida contenute nel manuale sono applicate a tutte le attività interne ed esterne dell'organizzazione (questo in virtù del fatto che una considerevole parte della produzione è svolta in outsourcing, come in parte pure la progettazione del software). Su queste attività esterne l'azienda vuole e deve mantenere la gestione e la responsabilità.

All'interno del manuale, un intero capitolo è dedicato alle modalità con cui sono gestite, mantenute e controllate le attività relative alla realizzazione del prodotto (vedi diagramma, riportato in Figura 3.1, relativo a queste attività).

Il processo di realizzazione del prodotto inizia quindi con l'apertura di una CPI (Codice Progetto Ingegneria), documento che contiene i requisiti del prodotto e che necessita dell'approvazione della Direzione Generale. La fase di verifica delle richieste del cliente, con relativa formalizzazione, è di pertinenza dell'area Commerciale, che inoltrerà queste richieste all'area di R&S la quale ha il compito di sviluppare il prodotto.

Flusso delle fasi e relativa descrizione:

1. *Opportunities screening*: fase in cui il Commerciale raccoglie e traduce i requisiti essenziali per la verifica e l'avvio del processo di sviluppo prodotto;
2. *Design*: cioè la fase di sviluppo in dettaglio, della progettazione di prodotto (comprese sperimentazioni mirate a risolvere criticità di tipo tecnologico);

3. *Protos e test*: fase di prototipazione, verifica e validazione del progetto prima della pre-serie in produzione;
4. *Manufacturing pre-serie*: validazione del progetto in produzione prima dell'avvio della produzione di serie.

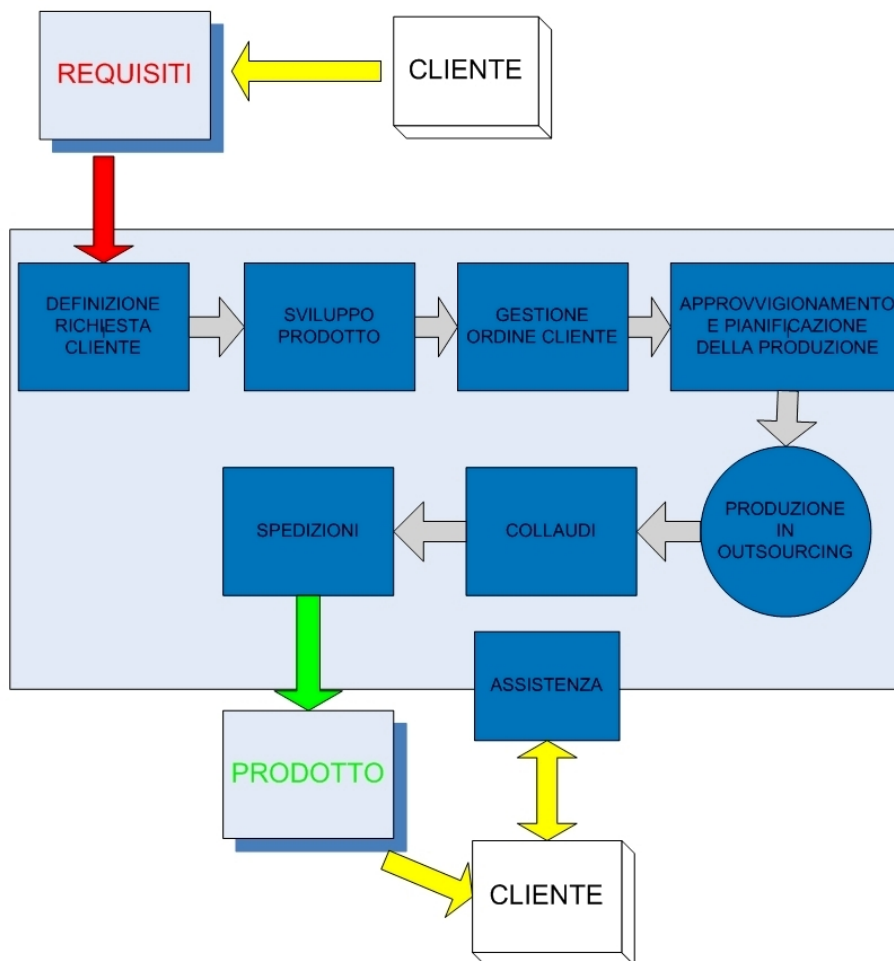


Figura 3.1: Fasi di realizzazione di un prodotto

La progettazione fornisce anche la documentazione tecnica di prodotto (di cui fanno parte le istruzioni operative di assemblaggio e di collaudo); questa documentazione è distribuita al fornitore unitamente ad attività di formazione, per garantire la conformità del processo produttivo esterno.

La conferma d'ordine del cliente e le previsioni di fornitura elaborate dal Commerciale sono gli input che danno avvio alla pianificazione della produzione. L'output di quest'ultima fase è il piano di produzione, che definisce il carico di lavoro e quindi definisce le risorse interne ed esterne (sia di produzione che di collaudo) necessarie allo scopo. Vengono poi emessi ordini di approvvigionamento sia di materia prima/componenti che di prodotti assemblati. I prodotti finiti, in arrivo dal fornitore sono infine sottoposti a controlli in accettazione (secondo modalità definite dal sistema qualità). I prodotti una volta controllati, collaudati e imballati, vengono resi disponibili alla spedizione.

Le problematiche post-vendita sui prodotti (sia in garanzia che fuori garanzia) vengono gestite dal Service aziendale che è l'ente di riferimento per la raccolta delle segnalazioni, dei reclami e di eventuali richieste dei clienti. Le campagne di richiamo sono gestite dal Service (si richiede il rientro in azienda di lotti di prodotti sui quali si è verificato un errore di serie sfuggito al collaudo). Anche il servizio post-vendita è garantito da questo ente che fornisce feed-back tecnico al cliente per migliorare l'uso dei prodotti forniti, per la gestione di eventuali reclami e per verificare il grado di soddisfazione del cliente.

3.2.1 PDCA

La gestione delle attività di miglioramento, coinvolge potenzialmente tutte le aree aziendali all'interno dei rispettivi processi. Quest'attività di fondamentale importanza per mantenere standard qualitativi elevati, richiede l'utilizzo di strumenti manageriali appropriati e deve essere continuamente monitorata per verificarne lo stato di avanzamento.

Tra le metodologie applicate in Elettronica Santerno per il miglioramento continuo, vi è il metodo PDCA (vedi Figura 3.2). Che prevede:

- *Plan*: stabilire gli obiettivi ed i processi necessari per fornire risultati in accordo con i requisiti del prodotto richiesto dal cliente e con le politiche dell'organizzazione aziendale;
- *Do*: dare attuazione ai processi;
- *Check*: monitorare e misurare le caratteristiche dei prodotti e l'iter dei pro-

cessi, riportandone i risultati. Confronto continuo e analisi degli scostamenti rispetto agli obiettivi stabiliti;

- *Adjust*: adottare azioni per migliorare in modo continuo le prestazioni dei processi e ridurre gli scostamenti rilevanti rispetto agli obiettivi.

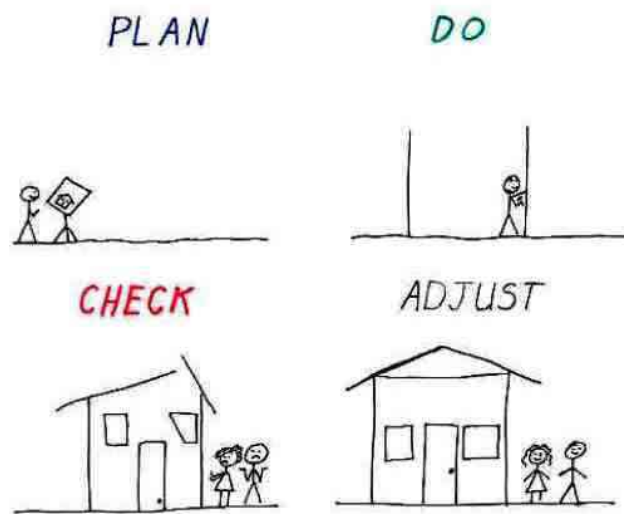


Figura 3.2: PDCA

Il PDCA è chiamato “management cycle” di Shewart e Deming (uno dei padri della Qualità Totale), detto anche “ruota di Deming”: esso rappresenta il processo con il quale la gestione aziendale (relazione causa-effetto) prende forma. Può essere utile illustrare questo processo tramite l’interpretazione del Professor Ishikawa (noto esponente della Qualità in Giappone) secondo il quale il PDCA è una strategia operativa modulare, che può essere applicata all’organizzazione nel suo insieme, a qualsiasi suo processo e anche al lavoro di una sola persona o gruppo:

1. *Plan*-Pianificare

- Determinare gli obiettivi con relativi destinatari. Tali obiettivi risulteranno raggiungibili soltanto se l’alta direzione ha formulato una chiara politica dell’organizzazione e della qualità. Gli obiettivi devono essere indicati in modo concreto e dettagliato, fornendo a tutti gli operatori

le informazioni necessarie. Inoltre devono essere quantificati e devono riguardare problemi che l'organizzazione può risolvere con la collaborazione di tutte le funzioni. Sia le politiche che gli obiettivi devono essere calati nell'organizzazione senza limitazioni di livelli gerarchici. Quanto più l'organizzazione è orizzontale, tanto più sarà facile coinvolgere il personale nel raggiungimento degli obiettivi;

- Determinare i metodi per raggiungere gli obiettivi, mettere a punto procedure razionali e facili da seguire. Secondo Ishikawa determinare un metodo significa standardizzarlo e renderlo utile e accessibile. Ishikawa dice anche però, che un metodo e una procedura non possono essere perfetti e che solo l'esperienza e l'abilità delle persone possono supplire all'inadeguatezza di standard e regole.

2. *Do-Attuare*

- Svolgere il lavoro. Nessuna procedura operativa (in apparenza completa e perfetta) basata su standard, può garantire un'esecuzione priva di difetti. L'operatore applica quanto sa e ha appreso, segue le istruzioni operative ma utilizza anche la propria esperienza e abilità. Il singolo operatore può applicare anche nel suo ambito un ciclo PDCA, contribuendo in modo determinante al miglioramento continuo della qualità;
- Formazione e istruzione. La formazione del personale è indispensabile per la comprensione, applicazione e miglioramento degli standard qualitativi. La responsabilizzazione, fattore insostituibile per la realizzazione di un sistema qualità, risulta possibile solo con operatori formati.

3. *Check-Controllare*

Lo scopo del controllo è scoprire ciò che viene realizzato in modo non accettabile, e in contrasto ai risultati attesi. Il problema in questo caso, diventa come scoprire le non conformità. A questo scopo occorre "controllare le cause", utilizzando il diagramma "cause/effetto" o "spina di pesce" di Ishikawa.

4. *Adjust*-Intraprendere azioni adeguate

Scoperte le non conformità, bisogna prendere le iniziative adeguate per eliminarle. Non è sufficiente apportare modifiche o eliminare fattori casuali individuati; occorre eliminarli. Correggere e prevenire sono due azioni diverse e separate. Per eliminare le cause delle criticità è necessario risalire fino alla causa stessa del problema e prendere le misure adeguate.

3.3 Esigenze

Nello svolgimento di questo processo di miglioramento continuo, Elettronica Santerno ha avvertito sempre più la necessità di mappare il flusso delle attività di produzione, dall'inserimento dell'ordine al fornitore, fino alla spedizione al cliente finale del prodotto. L'idea è quella di studiare un sistema informativo performante, idoneo a supportare il flusso di queste informazioni.

Infatti attualmente il sistema gestionale (dal nome di Matrix) presente in azienda non è in grado di associare la EBOM (Engineering Bill Of Materials), la MBOM (Manufacturing Bill of Materials) alle informazioni che arrivano in un secondo tempo dal fornitore e alle informazioni che arrivano in un terzo tempo dal collaudo. Queste informazioni infatti sono reperibili dal bollettino di collaudo cartaceo che viene compilato inizialmente dal fornitore e finito di compilare dal collaudatore di Elettronica Santerno. Nessuna di queste informazioni è disponibile in tempo reale nel sistema informativo aziendale, il che comporta le seguenti criticità:

- Non omogeneità di compilazione del bollettino da parte dei fornitori;
- Flusso di informazioni non disponibile in tempo reale;
- Maggiori possibilità di perdita dei dati;
- Tempi lunghi di archiviazione;
- Difficoltà nel recupero delle informazioni contenute nel bollettino.

L'obiettivo da raggiungere sarebbe quindi quello di avere, per ogni unità di prodotto fornito al cliente finale, partendo dal serial number (S/N), tutte le informazioni sul processo che il prodotto ha subito e tutte le informazioni sui componenti critici

in esso contenuti; il tutto in un unico report informatico.

In questo modo si avrebbe infatti un notevole miglioramento del servizio fornito dal Service al cliente finale, potendo disporre di informazioni puntuali, precise ed aggiornate; si avrebbe anche una ottimizzazione delle risorse, nell'ottica degli obiettivi descritti dal Manuale della Qualità di Elettronica Santerno.

3.4 Definizione del progetto

Preso atto di questa esigenza, si è cercato di individuare le informazioni di cui si voglia tenere traccia. I responsabili dell'Operation, del Service e della Qualità hanno definito le seguenti necessità:

- tracciabilità dei componenti critici a bordo degli assiemi e dei sottoassiemi dei prodotti;
- tracciabilità dei sub-appalti (schede montate nei prodotti provenienti da altri assemblatori);
- tracciabilità dei dati di collaudo delle varie parti e sottoparti (anche se realizzati da assemblatori diversi) con emissione di certificati;
- tracciabilità delle revisioni HW e SW delle varie parti e sottoparti;
- tracciabilità dei dati di produzione e vendita (associazione matricola-cliente);
- tracciabilità degli interventi di post-vendita (interni a ES sicuramente, eventualmente anche esterni).

L'obiettivo finale è quindi di risalire, partendo da un prodotto ovunque esso sia, ai dati suddetti conoscendo solo il S/N.

3.5 Organizzazione del progetto

Individuato quale è l'obiettivo di questo progetto andremo a strutturare il lavoro secondo i seguenti step/fasi:

- *Studio del Prodotto Inverter.*

Descrizione della struttura e del funzionamento degli inverter progettati ed

collaudati in Elettronica Santerno. Questa prima parte è di fondamentale importanza, in quanto permette di individuare quali sono i componenti critici montati a bordo degli inverter e che andranno quindi tracciati.

- *Studio delle istruzioni operative di collaudo.*

Questa fase ha lo scopo di individuare eventuali prove di collaudo da aggiungere a quelle esistenti, affinché i prodotti siano conformi alle normative vigenti e per verificare quali informazioni ricavare per ogni prova di collaudo.

- *Analisi del Flusso Informativo.*

In questa fase si individua il flusso di informazioni e dati che intercorre da quando l'ordine di produzione viene inviato a un fornitore, fino a quando il prodotto imballato viene spedito al cliente finale; si dovranno anche identificare gli utilizzatori del nuovo strumento di rintracciabilità dati.

- *Studio del bollettino di collaudo e sua ristrutturazione.*

Una volta identificate tutte le informazioni che devono essere registrate, si andrà a studiare il bollettino di collaudo esistente. Allo scopo di prepararne uno nuovo si partirà da quello esistente, aggiungendo le nuove informazioni ritenute utili ed eliminando quelle obsolete fino ad arrivare alla creazione del C.I.P. (Certificato Identificazione Prodotto).

- *Informatizzazione del C.I.P.*

Questa ultima fase è quella che riveste la maggior importanza, in quanto permetterà di fare il salto qualitativo al lavoro fino a qui svolto. Si studierà e progetterà un sistema informativo che consenta la compilazione e l'archiviazione del C.I.P. in maniera completamente automatizzata. Inoltre si progetterà lo strumento in modo che possa fungere da elemento primario per ricercare i dati storicizzati relativi ad ogni singolo inverter, consentendo quindi la rintracciabilità di ogni campo del C.I.P.

Per questo progetto si è scelto un modello di processo ad approssimazione successive (vedi Figura 3.3). Dopo una prima analisi del sistema, si inizia la parte esecutiva del lavoro sul bollettino di collaudo (in uso precedentemente in Elettronica Santerno) che viene via via modificato e sviluppato (per approssimazioni successive), fino allo stato definitivo (quando tutti gli attori hanno condiviso e dichiarato definitivi i contenuti e le modalità di archiviazione e compilazione). Si

arriva così alla creazione del C.I.P. (Certificato Creazione Prodotto). In seguito si analizzerà il flusso informativo dei dati e per step migliorativi si arriverà a progettare un sistema adatto sia a tenere traccia di tutte le informazioni contenute nel singolo C.I.P., sia a recuperarle facilmente al bisogno.

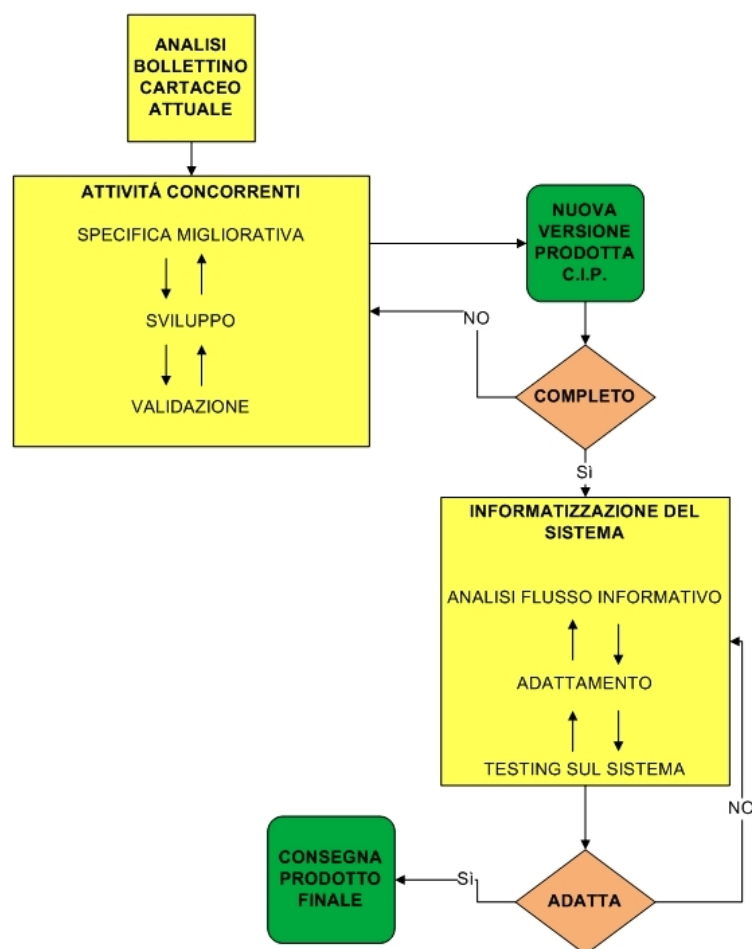


Figura 3.3: Modello approssimazioni successive

I principali vantaggi del modello ad approssimazioni successive sono i seguenti:

- si può iniziare il lavoro anche con obiettivi di progetto poco chiari, poichè verranno dichiarati e validati operativamente;
- si raggiunge la completezza delle informazioni e anche la compatibilità e coerenza delle specifiche funzionali e tecnologiche;

- i cambiamenti verranno quasi tutti evidenziati durante la fase di sviluppo e non quando il sistema è diventato operativo;

Gli svantaggi del modello sono:

- mancanza di controllo sugli obiettivi del progetto (si può essere tentati di chiedere “troppo”);
- difficoltà a mantenere il controllo sui tempi preventivati del lavoro;
- elevata e continua comunicazione fra i vari attori del sistema (sviluppatore e committenti).

Capitolo 4

Mappatura del flusso informativo

Il progetto trattato in questa tesi, come dichiarato precedentemente, analizza il flusso di informazioni lungo la filiera lavorativa di Elettronica Santerno. Il processo inizia con l'inserimento dell'ordine al fornitore e termina con la spedizione al cliente finale, del prodotto (passando dall'assemblaggio dell'inverter presso l'azienda terzista fino al suo collaudo che avviene in Elettronica Santerno). Ci interessa monitorare anche gli eventuali rientri in azienda degli inverter (causa rotture, manutenzione e modifiche). Questo flusso informativo è rappresentato in Figura 4.1.

Gli attori che partecipano al processo sono i seguenti:

- *Assemblatore esterno.* A questa figura sono associate le prime informazioni del flusso (la prima in assoluto sarà quella di associare l'inverter al suo ordine di lavorazione, emesso da Elettronica Santerno). Nella fase di assemblaggio sarà importante tenere traccia dei componenti critici montati (fra cui le schede elettroniche) e dei rispettivi lotti di produzione da cui provengono. Si dovrà anche tenere traccia delle versioni software caricate sulle schede di comando e di pilotaggio. Infine all'interno dell'azienda terzista avvengono i primi collaudi sul prodotto; anche per queste operazioni andranno tracciati i risultati e il nome di chi ha eseguito le prove.
- *Collaudatore E.S.* L'inverter è stato spedito dal terzista, arriva in Elettronica Santerno, dove viene finito di collaudare e dove gli possono essere apportate modifiche (richieste dal cliente finale ed effettuabili solo grazie al know-how di Elettronica Santerno); viene infine imballato e dichiarato pronto per la vendita. Anche in questa fase è di fondamentale importanza tenere traccia

dell'ordine di acquisto da parte del cliente finale, dei risultati delle prove di collaudo, delle modifiche apportate, del nome del collaudatore che ha eseguito le prove e del tempo impiegato per queste operazioni.

- *Riparatore E.S.* Elettronica Santerno gestisce anche il servizio di assistenza post-vendita dei suoi inverter. Risulta quindi importante tenere traccia del flusso di dati collegati alle operazioni fatte sul prodotto rientrato (componenti sostituiti, tempo richiesto per la riparazione, operatori che hanno eseguito le riparazioni, stato dell'inverter al momento del rientro in azienda, ecc.).

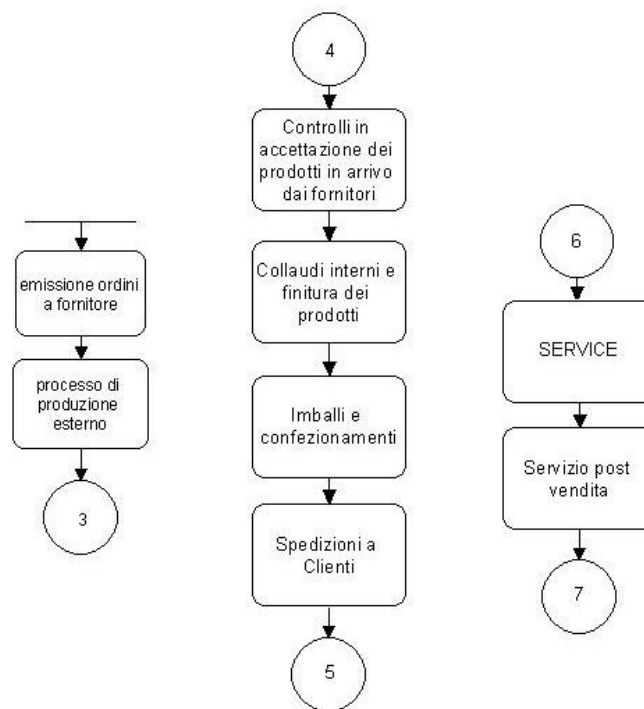


Figura 4.1: Mappa del flusso produttivo analizzato

Alcune delle informazioni sopra citate erano già registrate sul *bollettino di collaudo* cartaceo che veniva compilato dal terzista e che viaggiava congiuntamente all'inverter; terminato il collaudo in Elettronica Santerno, il bollettino veniva compila-

to e archiviato manualmente (spesso risultava essere l'unico strumento dal quale reperire le informazioni per l'inverter in questione).

Nei paragrafi seguenti verrà analizzato questo documento, con i suoi pregi e i suoi difetti; ne verrà anche analizzata l'implementazione di una versione che permetta di tracciare tutte le informazioni richieste. Infine si descriverà uno studio per l'informatizzazione di questo documento.

4.1 Analisi bollettino di collaudo cartaceo

Il bollettino di collaudo cartaceo è lo strumento che dal 1995 viene utilizzato da Elettronica Santerno e dall'azienda terzista, allo scopo di tenere traccia delle informazioni (componenti, operatori, prove di collaudo, ecc.) di ogni singolo inverter. Il bollettino di collaudo viene compilato inizialmente dal terzista nei campi di sua competenza, viene poi allegato all'inverter e spedito ad Elettronica Santerno. Qui, parallelamente al collaudo dell'inverter, l'operatore di Elettronica Santerno termina la compilazione del bollettino inserendo i risultati delle prove di collaudo e le eventuali modifiche apportate al prodotto. terminate tutte le operazioni previste per l'inverter, il prodotto viene dichiarato conforme e pronto per essere imballato e spedito al cliente finale. Contemporaneamente si provvede all'archiviazione manuale del bollettino.

Qualora un inverter rientri in Elettronica Santerno per essere riparato o per modifiche, si recupera manualmente il bollettino cartaceo dagli archivi, allo scopo di annotare su di esso i componenti riparati/sostituiti e le altre operazioni che sono state eseguite. In Figura 4.2 e 4.3 sono riportate la prima e la seconda pagina del bollettino. Analizzando il bollettino si nota subito che la struttura è scritta in inglese. L'intestazione contiene il nome commerciale del prodotto (per intenderci il nome che si trova sui cataloghi). Sotto l'intestazione si individuano i seguenti macro-blocchi di informazioni:

- I primi quattro “rettangoli” contengono informazioni commerciali relative al singolo prodotto, come il suo S/N, il suo codice commerciale, la sua configurazione, l'ordine di produzione, il nome dell'assemblatore, il cliente finale con il suo ordine ed infine la data di spedizione;
- I successivi tre “rettangoli” sono deputati a tenere traccia dei componenti

critici montati sull'inverter con la loro completa descrizione e con i relativi lotti di produzione da cui provengono; vengono anche annotate le versioni software installate sulla scheda di comando ed infine sono riportate i S/N delle schede installate sull'inverter (con le relative revisioni degli schemi di progettazione e con le indicazioni dei lotti di produzione);


| | |
|--|---|
|  <small>GRUPPO CARREMO</small> | <h2 style="margin: 0;">SINUS/K 5-14</h2> |
| Serial number¹ _____ code _____ | Additional code/ customer requirements² _____ |
| Production order¹ _____ | Sub-supplier¹ _____ |
| Delivery¹ _____ | Customer order² _____ |
| CUSTOMER² | |
| Shipment date² _____ | |
| COMPONENTS TRACING ^{1, 2} | |
| Filter capacitors: _____ | building lot: _____ |
| Fly-back transformer: _____ | building lot: _____ |
| IGBT: _____ | building lot: _____ |
| Others: _____ | _____ |
| SOFTWARE RELEASES¹ | |
| CARDS¹ | |
| | Rev. Lot |
| | Rev. Lot |
| | Rev. Lot |
| | Rev. Lot |
| NOTES: | |
| POWER SECTION INSPECTION¹ | |
| Visual inspection and controls according to technical documents | |
| Tester _____ | Date ____/____/____ |
| <small>1 = sub-supplier 2 = factory</small> | |

Figura 4.2: Prima pagina del bollettino cartaceo

- L'ultimo "campo" della prima pagina e la seconda pagina, sono dedicate alle prove di collaudo che devono essere eseguite e superate, per poter certificare l'inverter secondo le normative vigenti e poter venderlo così al cliente finale.

Per ogni singola prova è necessario riportare il nome dell'operatore che l'ha eseguita, l'esito della prova e la data in cui è stata eseguita (ed eventualmente altre annotazioni). Le prove vengono eseguite secondo una Procedura Operativa compilata dall'ufficio tecnico; di queste operazioni se ne tiene traccia nel bollettino scrivendo il numero della procedura e della sua revisione (revisori fatte dall'ufficio tecnico per adeguamento all'evoluzione delle norme di prodotto).

| | |
|---|------------------------------------|
| DIELECTRIC TEST¹ | |
| According to rev: _____ | |
| NOTES: _____ | |
| Tester _____ | Date: __/__/__ |
| MOTOR LOAD TEST (LOW POWER)¹ | |
| According to rev: _____ | |
| NOTES: _____ | |
| Tester _____ | Date: __/__/__ |
| SHORT CIRCUIT PROTECTION¹ | |
| According to rev: _____ | |
| Tester _____ | Date: __/__/__ |
| BURN-IN¹ | |
| According to rev: _____ | |
| Burn-in <input type="checkbox"/> 40 °C | <input type="checkbox"/> 100 hours |
| <input type="checkbox"/> _____ °C | <input type="checkbox"/> |
| Started: ____/____/____ | Finished: ____/____/____ |
| Tester _____ | Date: __/__/__ |
| FINAL ASSEMBLY INSPECTION¹ | |
| Tester _____ | Date: __/__/__ |
| MOTOR LOAD TEST (FULL POWER)^{1,2} | |
| According to rev: _____ | |
| Tester _____ | Date: __/__/__ |
| NOTES: _____ | |
| ADDITIONAL REQUIRED QUALITY CONTROLS / CUSTOMER REQUIREMENTS² | |
| VISUAL INSPECTION | Date: __/__/__ By: _____ |
| FUNCTIONAL TEST | Date: __/__/__ By: _____ |
| Notes: _____ | |

1 = sub-supplier
2 = Factory

Figura 4.3: Seconda pagina del bollettino cartaceo

4.1.1 Nuove necessità

Il bollettino sopra riportato è solo uno dei tanti che ogni anno vengono compilati e archiviati in Elettronica Santerno. Andando ad analizzare gli archivi cartacei e confrontando le richieste e le osservazioni del personale addetto al collaudo, sono emersi le seguenti carenze relativamente al bollettino:

1. Come già ampiamente osservato, il bollettino cartaceo richiede molto tempo per la sua archiviazione e molto tempo per un eventuale suo recupero dagli archivi;
2. La compilazione manuale creava ovvie difficoltà all'operatore nella lettura delle informazioni scritte da altri collaudatori;
3. La versione in inglese (unica lingua usata nel bollettino) causava incomprensioni su quale informazione fosse effettivamente richiesta;
4. Non era presente nessun campo (nei primi quattro "rettangoli" dedicati alle informazioni del prodotto) dedicata alla revisione progettuale del prodotto stesso;
5. Non era tenuta traccia di tutti i componenti ritenuti critici;
6. Lo spazio dedicato alla versione software non prevedeva aggiornamenti effettuati in un secondo tempo, con il risultato di avere sul documento ripetute cancellature e modifiche;
7. Non era indicata la quantità di ogni scheda elettronica montata a bordo dell'inverter;
8. Non era presente nessun riferimento degli strumenti utilizzati per eseguire i test di collaudo e non veniva indicato all'operatore la procedura di collaudo a cui riferirsi. Infatti il collaudatore doveva documentarsi sulla procedura necessaria ed annotarla lui stesso nel bollettino (e magari non era aggiornato su una sua nuova revisione);
9. Il bollettino non prevedeva che una stessa operazione di collaudo potesse esser eseguita sia dall'assemblatore esterno che dal collaudatore interno; questo creava un sovrapporsi di informazioni;

10. Le firme di responsabilità apportate sul bollettino erano spesso illeggibili, con il risultato di avere notevoli difficoltà nel risalire all'operatore che aveva eseguito una specifica prova;
11. Mancava lo spazio dedicato a specifiche prove di collaudo, che venivano quindi annotate a mano, sul bordo del bollettino.

Individuate queste mancanze, il primo passo da compiere è quello di proporre una nuova e completa versione del bollettino. Nella sezione successiva si andrà quindi a descrivere la nuova versione del documento.

4.2 Certificato Identificazione Prodotto

Il primo passo attuato è stato quindi quello di modificare la struttura e i contenuti del vecchio bollettino. Per creare una discontinuità col passato e non cadere in ambiguità, il risultato di questo lavoro non verrà più identificato come “bollettino di collaudo” ma verrà chiamato C.I.P. ossia *Certificato Identificazione Prodotto*; il nome sarà utilizzato anche nei documenti ufficiali interni all'azienda.

Di seguito vengono riportate le soluzioni ai punti critici elencati nel Capitolo 4.1.1 a pagina 30:

1. Il nuovo C.I.P. sarà redatto solo in versione digitale, in modo da facilitare l'archiviazione e il suo successivo recupero;
2. Si avrà una compilazione informatizzata del documento per non aver più problemi di comprensione delle informazioni ivi riportate;
3. Il nuovo C.I.P. sarà bilingue (italiano e inglese) in modo da poter essere utilizzato sia da fornitori italiani che esteri;
4. Verrà inserito un campo *Rev.* per tenere traccia delle revisioni progettuali (a cui può venir sottoposto l'inverter) da prendere in considerazione per avere una conoscenza più dettagliata dell'inverter sotto collaudo;
5. Col nuovo C.I.P. verrà tenuta traccia anche dei *diodi* installati sull'inverter e del relativo lotto di produzione di provenienza;

6. Si progetterà il C.I.P. in modo che si possa tenere traccia sia del software installato sulla *scheda di comando* che sulla *scheda di pilotaggio*. Per questa informazione sono previsti due campi uno riservato al fornitore e uno ad Elettronica Santerno, in modo da risalire immediatamente al soggetto che ha effettuato le modifiche al software;
7. Oltre alla revisione e al lotto di produzione, bisognerà indicare anche il numero di schede (per ogni tipologia), installate sull'inverter considerato;
8. Sarà creata un'area dove indicare gli strumenti di misura utilizzati per il collaudo, la loro funzione e i codici con i quali sono inventariati. Inoltre verrà previsto un campo che indichi al collaudatore a quale istruzione operativa fare riferimento per effettuare il collaudo;
9. Per ogni prova di collaudo sarà previsto un doppio campo per indicare se la prova è stata effettuata dall'assemblatore esterno o dal collaudatore di Elettronica Santerno. In questo modo è facilmente identificabile il responsabile della prova effettuata;
10. Per risalire in modo univoco all'operatore che ha eseguito le prove, si eliminerà la firma manuale e verrà introdotta la firma digitale;
11. Infine il nuovo C.I.P. includerà uno spazio dedicato a specifiche prove, necessarie solo per una determinata gamma di inverter prodotti. In questo modo si creerà un unico C.I.P. standardizzato per tutte le tipologie di inverter commercializzate da Elettronica Santerno.

Le figure 4.4 e 4.5 riportano le due pagine costituenti il nuovo C.I.P. Il modello rappresentato è stato realizzato con Word. È stato inoltre creato un file Excel che permette (tramite *query* che puntano a specifici campi del file) di avere nel C.I.P. i seguenti campi automatici: nome commerciale, codice commerciale, schede installate a bordo, loro codice e quantità e infine procedura operativa di collaudo. Questo accorgimento faciliterà il compito dell'operatore, il quale quando andrà a compilare il C.I.P. si troverà dei campi preimpostati.


| | | | | | |
|---|---|------------------------------------|------------------------------|--|---------|
|  | | | | | |
| S/N | 105005 | Codice Part Number | ZZ0102003 | Configurazione di vendita Customer requirements | Rev.: |
| Ordine di produzione / Production order | | | Sub-fornitore / Sub-supplier | | |
| WO11514 | | | C.S.R. | | |
| RISERVATO AD ELETTRONICA SANTERNO / RESERVED TO ELETTRONICA SANTERNO | | | | | |
| Cliente / Customer | | Data di spedizione / Shipment date | | Ordine del cliente / Customer order | |
| COMPONENTI TRACCIATI / COMPONENTS TRACING | | | | | |
| Filter capacitors: | EPCOS | Lotto produttore / Building lot: | 0409 | | |
| Fly-back transformer: | ICES | Lotto produttore / Building lot: | 3025/09 | | |
| IGBT: | FE | Lotto produttore / Building lot: | 93004 | | |
| Diode: | | Lotto produttore / Building lot: | | | |
| Altri / Others: | | | | | |
| SOFTWARE | | | | | |
| Prima versione SW caricata su scheda di comando / First SW version installed on the control | | | | | |
| F11 676 F 01677 M1654 | | | | | |
| SUPPLIER | <input type="checkbox"/> Versione SW scheda di comando / SW version control board | | | | |
| E.S. | <input type="checkbox"/> Versione SW scheda di comando / SW version control board | | | | |
| Prima versione SW caricata su scheda di pilotaggio / First SW version installed on the firing board | | | | | |
| SUPPLIER | <input type="checkbox"/> Versione SW pilotaggio / SW version firing board | | | | |
| E.S. | <input type="checkbox"/> Versione SW pilotaggio / SW version firing board | | | | |
| SCHEDE / BOARDS | | | | | |
| | codice / code | qty. | | | |
| ES821 control board | ZZ0101240 | 1 | Rev. 3 | Lotto / Lot | 1009 |
| ES815 keypad | ZZ0101660 | 1 | Rev. | Lotto / Lot | |
| ES823 driver board | ZZ0095170 | 1 | Rev. 7 | Lotto / Lot | WO11514 |
| ES825 filter board INDUSTR. | ZZ0095181 | 1 | Rev. | Lotto / Lot | WO11514 |

Figura 4.4: Prima pagina del C.I.P.

Alla stesura della versione definitiva del C.I.P. si è arrivati attraverso numerose modifiche. Infatti il documento finale è il risultato di parecchie riunioni con i responsabili dei vari reparti interessati; ogni volta sottoponevano le loro esigenze e le loro critiche al prodotto che gli veniva presentato. Da queste riunioni si è quindi arrivati a due decisioni fondamentali e decisive:

1. Il C.I.P. correttamente strutturato, sarà lo strumento per mappare le informazioni richieste e individuate come necessarie nel Capitolo 3.4 a pagina 21. È stata inoltre espressa la necessità di iniziare lo studio di un sistema informativo che permetta di compilare, archiviare ed in un secondo tempo recu-

perare il C.I.P. in maniera completamente automatica tramite un terminale (sia esternamente all'azienda che internamente). Questa implementazione verrà trattata in tutte le sue parti a partire dal Capitolo 5 a pagina 35.

- Essendo da tempo nota l'inedeguatezza del bollettino di collaudo, è stata presa la decisione di implementare il C.I.P. progettato (ossia in versione Word con il file Excel ad esso collegato) con una soluzione informatica provvisoria, in attesa della progettazione definitiva del sistema informativo. Questa implementazione verrà interamente trattata in Appendice A.

| STRUMENTAZIONE / INSTRUMENTS | | | |
|-------------------------------|--|---------------------------|---------------|
| In accordo con / According to | | IS0801024 | rev 5 |
| n. | NOME / NAME | DESCRIZIONE / DESCRIPTION | CODICE / CODE |
| 1 | Multimetro / Multimeter | FLUKE 123 | 64100 |
| 1 | Pinza amperometrica / Current probe | | |
| 1 | Generatore di corrente AC / AC generator | SAMAR PMQICE | 64097 |
| 1 | | | |

| PROVE FUNZIONALI / FUNCTIONAL TEST | |
|--|---|
| In accordo con / According to IS0801024 rev 5 | |
| SUPPLIER | E.S. |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Operazioni preliminari / Preliminary actions |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Prova di isolamento / Dielectric test |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Impedenza di protezione / Protective impedance |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Collegamento equipotenziale / Protective Bonding |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Alimentazione e verifiche preliminari / Preliminary inspections and power supply check |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Prova a carico ridotto / Motor load test (low power) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Test di cortocircuito / Short circuit protection |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Burn-in (40°C 100 ore / hours) Note / Remarks : _____ |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Prova a pieno carico / Motor load test (full power) |
| COMPILARE SOLO PER SERIE SINUS PENTA / FILL IN FOR SINUS PENTA SERIES ONLY | |
| Algoritmo controllo motore / Motor control algorithm | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> FOC (Field Oriented Control) |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> VTC (Vector Torque Control) |
| Note / Remarks: _____ | |

| ESECUZIONE PROVE FUNZIONALI / FUNCTIONAL TESTS | | | |
|--|-------------------|----------------|----------------------|
| SUPPLIER | Firma / Signature | GASPARRI MAURO | Data / Date 21/01/10 |
| E.S. | Firma / Signature | | Data / Date |

| VERIFICHE FINALI / FINAL TESTS | | | |
|--------------------------------|---|--------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> | Ispezione visiva & Assemblaggio finale / Visual inspection & final assembly | | |
| SUPPLIER | Firma / Signature | JADANI ABDEL | Data / Date 25/01/10 |
| E.S. | Firma / Signature | | Data / Date |

Figura 4.5: Seconda pagina del C.I.P.

Capitolo 5

Analisi dei requisiti

5.1 Introduzione

Tra i cambiamenti che stanno trasformando il mondo dell'IT, uno tra i più significativi riguarda la “gestione dei requisiti”. L'espressione è molto recente, in quanto di “requirements management” e “requirements engineering” si è iniziato a parlare solo nell'ultimo decennio. Un requisito è una caratteristica del sistema richiesta al progettista dal committente (o da un altro interlocutore interessato), necessaria per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Definendo i requisiti, il committente esprime una serie di vincoli sugli obiettivi che dovranno essere soddisfatti dal sistema. A sua volta il progettista, dopo aver analizzato i requisiti ricevuti, può formulare più ipotesi di soluzione tra loro diverse per caratteristiche, costi e tempi di realizzazione, ma comunque in grado di rispondere, in tutto o in parte, ai requisiti espressi. Tra le soluzioni proposte, il committente sceglierà quella migliore (dal suo punto di vista) in termini di rapporto tra costi e benefici e stipulerà un accordo (o contratto) con i progettisti per la sua realizzazione.

Realizzato il sistema, la sua conformità ai requisiti concordati, sarà il criterio per l'accettazione del prodotto da parte del committente (ed è qui che spesso emergono conflitti di interpretazione che incrinano i rapporti tra le parti).

Lo schema riportato in Figura 5.1 è una procedura ben nota, ma la sua applicazione nel campo del software per progetti reali è spesso problematica.

In una situazione ideale, il committente comunica i requisiti alla partenza del progetto e il compito dei progettisti è soltanto quello di acquisirli e di comprenderli.

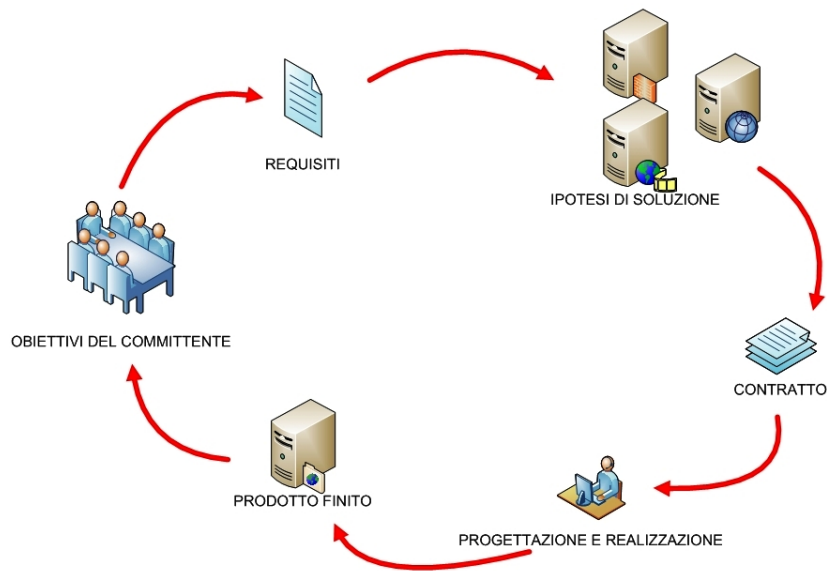


Figura 5.1: Processo di creazione del prodotto

Nel mondo reale invece, la definizione dei requisiti è un'attività che comporta una serie ripetuta di interazioni e discussioni tra progettista e richiedente.

Il committente ha chiari i propri obiettivi di business, ma ovviamente, non è quasi mai in grado di trasmettere ai progettisti un elenco di requisiti completo e dettagliato, definendo così un punto di partenza sufficiente per la progettazione del sistema. Compito del progettista diventa quindi quello di aiutare il committente (e gli altri interlocutori interessati al sistema) a chiarire progressivamente tutti gli aspetti del problema, attraverso interviste, analisi degli scenari concreti di operatività, evidenziando i rischi e soprattutto proposte preliminari di possibili soluzioni. L'obiettivo in questa fase è stimolare il committente, rendendolo consapevole delle diverse possibilità di soluzione, in modo da permettergli di comprendere pienamente i requisiti espressi inizialmente ed eventualmente aggiungendone altri. In pratica, permettergli di esprimere feedback sulle ipotesi prospettate dai progettisti. In un mondo ideale, i requisiti vengono definiti nella fase iniziale del progetto, per-

mettendo di definire un accordo, dopodichè non vengono più modificati.

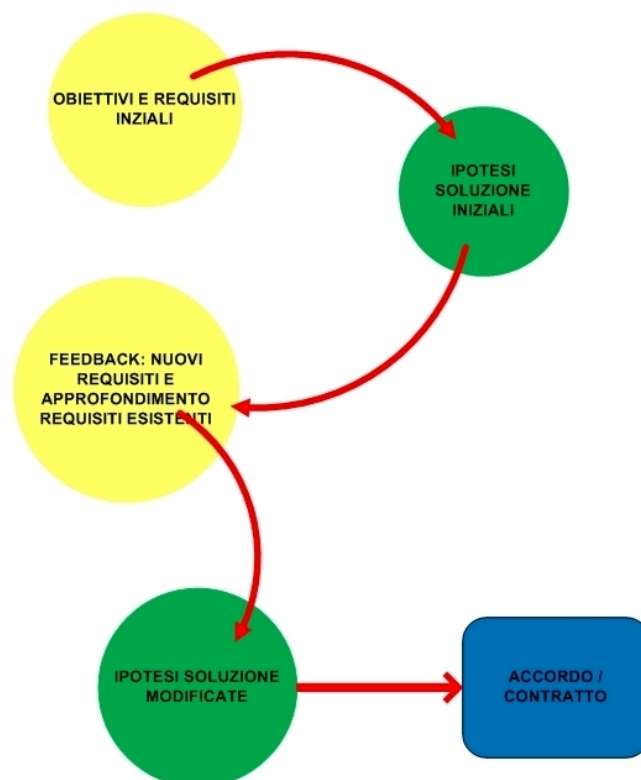


Figura 5.2: Individuazione dei requisiti

È questa la situazione rappresentata nel processo “a cascata” (vedi Figura 5.2), che è alla base della maggior parte delle metodologie di sviluppo conosciute, ma raramente utilizzate davvero nei settori informatici delle aziende.

Nel mondo reale, i requisiti possono cambiare anche dopo il raggiungimento dell’accordo (o la stipula del contratto) tra committenti e progettisti, durante le attività di realizzazione (vedi Figura 5.3). Modifiche legislative, cambiamenti negli scenari di mercato o nelle strategie aziendali, nuove opportunità: questi sono i fattori che possono determinare un cambiamento di requisiti, anche nei casi in cui l’analisi iniziale sia stata veramente esaustiva. A fronte di un cambiamento di requisiti in corso d’opera, due sono le strade possibili: la prima (non sempre praticabile)

consiste nel rimandare le eventuali modifiche al progetto (causate dal cambio di requisito) a una *release* successiva; la seconda opzione consiste nel rinegoziare i termini dell'accordo precedentemente raggiunto, rivedendone i contenuti e/o i costi e/o i tempi definiti. Una cosa è certa: i requisiti possono cambiare in ogni momento, dalle fasi iniziali di un progetto a quelle realizzative e anche dopo che il progetto è stato rilasciato.

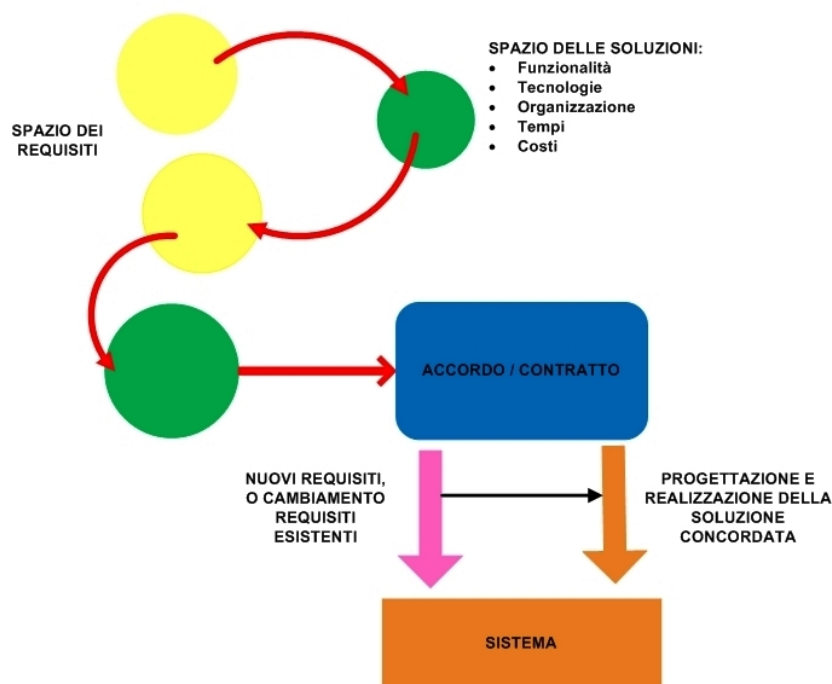


Figura 5.3: Evoluzione dei requisiti

È quindi necessario che il presidio sull'evoluzione dei requisiti venga effettuato in modo continuativo, durante l'intero ciclo di vita del sistema.

L'accordo vero e proprio dovrà essere raggiunto su una specifica soluzione, che risponda in modo adeguato ai requisiti espressi dal committente e dagli altri interlocutori interessati, le cui caratteristiche siano comprensibili per tutte le parti in causa, senza ambiguità. In particolare dovrà essere chiaro, sia per il committente che per i progettisti, quali siano i requisiti soddisfatti dalla soluzione concordata e

quali invece siano stati eliminati o rimandati a data da destinarsi (per contenere tempi e costi).

5.2 Utenti del sistema

In base alle richieste individuate precedentemente e analizzando le funzionalità che dovrà soddisfare il sistema sono emerse cinque tipologie di utenti, attori del sistema:

- **Assemblatore**

Questa tipologia di utente deve compilare i C.I.P. relativi agli inverter da lui assemblati, solo nei campi di sua pertinenza. Può inoltre andarli a modificare in un secondo tempo nel caso si accorgesse della presenza di errori, operazione possibile solo fino a quando gli inverter assemblati non siano arrivati in accettazione, nel magazzino di Elettronica Santerno. Inoltre questo utente può visualizzare la cronologia dei C.I.P. compilati da parte di altri operatori della sua azienda.

- **Accettazione**

L'unica azione che può compiere questo utente è l'immissione dei codici relativi ai lotti di inverter in arrivo (in accettazione) in Elettronica Santerno. Questa operazione risulta necessaria per bloccare la scrittura dei C.I.P. da parte dell'utente collaudatore esterno.

- **Collaudatore E.S**

Questo utente compila (e quindi completa) il C.I.P. proveniente da qualsiasi azienda terzista (e parzialmente compilato dal collaudatore esterno). Ha la possibilità di visualizzare l'archivio storico di tutti i C.I.P. relativi agli inverter collaudati e spediti al cliente finale. Infine può apportare modifiche ai campi del C.I.P. di pertinenza del collaudatore esterno (nel caso sia necessario apportare modifiche all'inverter; modifiche fuori specifiche, e quindi non segnalate al contoterzista). Questa operazione non cancellerà i dati vecchi, ma andrà a creare una seconda copia del C.I.P. contenente i dati modificati.

- **Service E.S.**

Questo utente ha la possibilità di modificare qualsiasi campo dei C.I.P. pre-

senti nell'archivio storico. Le modifiche apportate verranno poi automaticamente salvate in un nuovo bollettino in modo tracciare ogni modifica apportata all'inverter. Anche questo utente avrà la possibilità di accedere e consultare l'archivio storico dei C.I.P. per ogni tipologia di inverter.

- **Amministratore del sistema**

L'amministratore ha la possibilità di modificare in ogni momento qualsiasi parametro e campo relativamente ai C.I.P. presenti in qualsiasi archivio, sia dei terzisti sia quello storico di Elettronica Santerno. Deve essere in grado di modificare le password degli utenti e poter compiere ricerche in qualsiasi campo per condurre le proprie indagini. Di solito esiste un unico amministratore del sistema e nel caso di Elettronica Santerno verrà deciso a progetto ultimato.

5.3 Definizione dei requisiti funzionali

I requisiti funzionali sono suddivisi per tipologia di utente (*Assemblatore, Accettazione, Collaudatore E.S., Service E.S., Amministratore*). I requisiti comuni a tutti gli utenti sono associati a *User*.

| USER |
|---|
| <p>Visto l'importanza dei dati che il sistema contiene, l'utente accede (Log-in) mediante inserimento di username e password (queste credenziali permettono subito di identificare l'utente e quindi di presentargli solamente il menu nel quale è abilitato a lavorare).</p> <p>Allo stesso modo attraverso un collegamento esplicito di Log-out presente sull'interfaccia dell'applicazione web, l'utente è in grado di uscire in modo corretto dal sistema, in quanto viene chiusa esplicitamente la propria sessione di lavoro.</p> |

ASSEMBLATORE

L'assemblatore, dopo essersi autenticato al sistema, è in grado di accedere alla pagina dedicata all'azienda terzista per cui lavora. Qui ha la possibilità di effettuare tre operazioni:

1. Compilare un nuovo C.I.P.

Questa operazione sarà fatta ogni volta che un inverter è stato assemblato e collaudato dall'utente. L'assemblatore inserirà le informazioni di sua competenza nei campi dedicati e alla fine di questa operazione dovrà effettuare l'operazione di salvataggio. Dopo aver effettuato il salvataggio, automaticamente l'utente si ritroverà nel menu iniziale per poter effettuare una nuova operazione.

2. Modificare C.I.P. già archiviati.

Questa operazione risulterà necessaria qualora l'utente si accorga di aver inserito erroneamente dei dati nel C.I.P. e dovrà quindi modificarli. L'operazione sarà possibile fino a quando l'inverter non arriverà in accettazione in Elettronica Santerno e quindi il C.I.P. diventerà imm modificabile per l'utente Assemblatore. Prima di questo momento l'utente potrà effettuare tutte le correzioni volute entrando nell'archivio informatico dell'azienda e effettuando una ricerca del C.I.P. per S/N. Al termine delle modifiche dovrà di nuovo effettuare l'operazione di salvataggio che andrà a sovrascrivere il C.I.P. originale.

3. Consultare archivio C.I.P.

L'operatore può consultare l'archivio storico dei C.I.P. compilati all'interno dell'azienda ed effettuare ricerche su di essi per qualsiasi campo.

ACCETTAZIONE

Unica abilitazione di questo utente è quella di inserire, una volta effettuato l'accesso al sistema, i codici identificativi dei lotti di inverter arrivati nella zona di accettazione di Elettronica Santerno. Questa operazione è di fondamentale importanza in quanto una volta immessi i codici dei relativi C.I.P. non potranno più essere modificati dagli utenti "Assemblatori". Ovviamente questo utente può modificare i codici da lui inseriti nel caso si accorgesse di un errore (e di conseguenza si sbloccheranno i C.I.P. bloccati erroneamente).

COLLAUDATORE E.S.

Il collaudatore interno di Elettronica Santerno, dopo essersi autenticato al sistema, può accedere alla pagina dedicata al collaudo interno. Qui ha la possibilità di effettuare quattro operazioni:

1. **Terminare la compilazione di C.I.P.**

Questa operazione dovrà avvenire ogni volta che risulterà necessario completare la fase di collaudo di un inverter assemblato dal terzista. L'utente dovrà effettuare la ricerca del C.I.P. (compilato parzialmente dall'utente "Assemblatore") per S/N e una volta individuato, l'utente "Collaudatore E.S." dovrà procedere al completamento del C.I.P. Terminato l'inserimento dei dati andrà effettuato il salvataggio del C.I.P. in questione.

2. Modificare un C.I.P. nelle parti compilate all'assemblatore.

Potrebbe essere necessario apportare modifiche ai dati inseriti in precedenza dall'utente "Assemblatore". Questo può avvenire qualora il cliente finale chieda una particolare configurazione dell'inverter. In questo caso, l'utente dovrà effettuare la ricerca del C.I.P. dell'inverter in questione tramite il S/N, potrà apportare modifiche ai campi già compilati dal terzista e in seguito terminare la compilazione di sua competenza. Al momento del salvataggio del C.I.P. non si andrà a sovrascrivere il precedente ma si avrà una copia del C.I.P. con i dati modificati; si terrà traccia di queste modifiche tramite una campo speciale chiamato "Revisione" che avrà un valore numerico crescente (ad ogni numero di revisione corrisponderà una copia del C.I.P.)

3. Compilare un nuovo C.I.P.

L'utente Collaudatore inoltre ha le autorizzazioni per compilare un C.I.P. nuovo in tutte le sue parti ove sia necessario. Per fare questo, effettuato l'accesso al sistema, dovrà entrare nell'area dedicata a questa operazione. Una volta terminata la compilazione completa del C.I.P. dovrà effettuare l'operazione di salvataggio.

4. Consultare l'archivio dei C.I.P.

Ovviamente l'utente Collaudatore E.S. ha la possibilità di accedere all'archivio informatico dei C.I.P. relativi a tutti gli inverter spediti ai clienti finali. Non è però abilitato ad apportare nessuna modifica (può soltanto, come spiegato precedentemente, apportare delle modifiche che verranno salvate come copie del C.I.P. originale tenendone traccia tramite l'indice di "Revisione"). Le ricerche potranno essere effettuate per qualsiasi campo presente nel C.I.P. (se l'utente invece vorrà individuare un determinato inverter dovrà inserire il S/N come chiave di ricerca ed eventualmente anche il numero di Revisione. Se questo ultimo non fosse a conoscenza dell'utente il solo S/N individuerebbe tutte le eventuali copie create ogni volta che verrà apportata una modifica all'inverter).

SERVICE E.S.

L'utente del Service di Elettronica Santerno, dopo essersi autenticato al sistema, può accedere alla pagina a lui dedicata (servizio di assistenza). In questo contesto ha la possibilità di effettuare le seguenti operazioni:

1. **Modificare un C.I.P. già archiviato.** È previsto che un inverter venduto rientri in azienda in quanto necessita di essere riparato. Per questo è stata dedicata al Service un'area all'interno del sistema. Qui, l'utente "Service E.S." ha la possibilità di modificare il C.I.P. (già archiviato dall'utente "Collaudatore E.S.") nei campi riferiti ai componenti che necessitano di essere riparati o sostituiti. Al termine delle operazioni, quando l'utente andrà a salvare il C.I.P., ne verrà salvata una copia e per distinguerlo dall'originale verrà creato un campo "Riparazione" con un valore numerico crescente (ad ogni numero progressivo di riparazione corrisponderà una copia del C.I.P.). In questo modo ogni C.I.P. è individuabile tramite il suo S/N, il suo numero di "Revisione" e il suo numero di "Riparazione" (se un inverter non è mai stato modificato e neppure riparato avrà negli ultimi due campi due valori "null"). Inserendo invece solo il S/N all'utente apparirà il C.I.P. originale e tutte le eventuali copie modificate che sono state create nel corso del tempo.
2. **Consultare l'archivio dei C.I.P.** L'utente Service E.S. ha la possibilità di accedere all'archivio informatico dei C.I.P. relativi a tutti gli inverter venduti da Elettronica Santerno. Potrà visualizzare ogni C.I.P. e le ricerche potranno essere effettuate con le stesse modalità del punto precedente.

AMMINISTRATORE

L'utente Amministratore non ha una funzione prettamente operativa ma di supervisione e supporto. Infatti, anche se è abilitato a compiere qualsiasi operazione di compilazione e modifica sui C.I.P. presenti nell'archivio interno, l'amministratore ha il compito di creare nuovi utenti o modificare le credenziali di quelli già esistenti. Inoltre ha la possibilità di accedere all'archivio dei C.I.P. delle aziende terziste senza però poterli modificare. Infine, attraverso una sezione a lui dedicata, l'amministratore ha a disposizione una serie di strumenti di indagine per effettuare ricerche sui dati considerati sensibili (es: numero di C.I.P. compilati da un'operatore in un determinato periodo di tempo, tipologia di inverter che rientra più spesso per riparazioni, componenti più soggetti a rottura, ecc.).

5.4 Diagramma del flusso di dati nel sistema

Un modello è la presentazione astratta di un sistema di cui si stanno analizzando i requisiti. Esistono diverse tipologie di modelli a cui si può fare riferimento per raffigurare il sistema. Questi modelli non vengono utilizzati solo per schematizzare la realtà, ma hanno il compito di far comprendere la funzionalità del sistema che rappresentano e comunicare con l'utilizzatore, ossia far sì che quest'ultimo abbia un'idea chiara delle modalità di svolgimento del sistema e che questa modalità rispetti le esigenze espresse inizialmente.

Il modello scelto per rappresentare il nostro progetto per Elettronica Santerno è di tipo *data-flow* (flusso dei dati). Attraverso il data-flow diagram si definisce come fluiscono (e vengono elaborate) le informazioni all'interno del sistema; quindi l'oggetto principale del grafo o del modello è il flusso delle informazioni (o meglio dei dati). Per questo motivo diventa fondamentale capire dove sono immagazzinati i dati, da che fonte provengono, dove vanno e quali componenti del sistema li elaborano. Questa rappresentazione ha il vantaggio di essere semplice e intuitiva per l'apprendimento del comportamento del sistema, da parte dell'utilizzatore finale. Di seguito è riportato la legenda della simbologia, unitamente al processo che permette a qualsiasi utente di autenticarsi nel sistema.



Figura 5.4: Diagramma data-flow: legenda

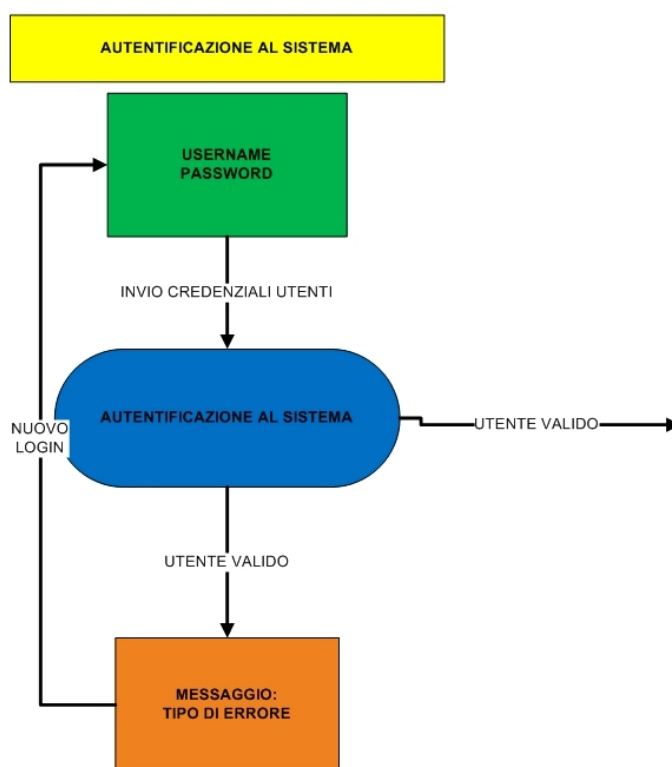


Figura 5.5: Diagramma data-flow: autenticazione

Questa operazione risulta identica per ogni operatore e potrà avvenire da qualsiasi postazione di lavoro senza la necessità di avere terminali dedicati per ogni tipologia di utente.

Di seguito sono riportati i flussi di dati e di informazioni divisi per tipologia di utente. È importante notare ancora una volta che nella stesura del diagramma si ignora l'inizializzazione del sistema, la gestione degli errori, la chiusura e che il sistema si immagina come "up & running". Si ignorano anche le sincronizzazioni ed il flusso di controllo tra processi.

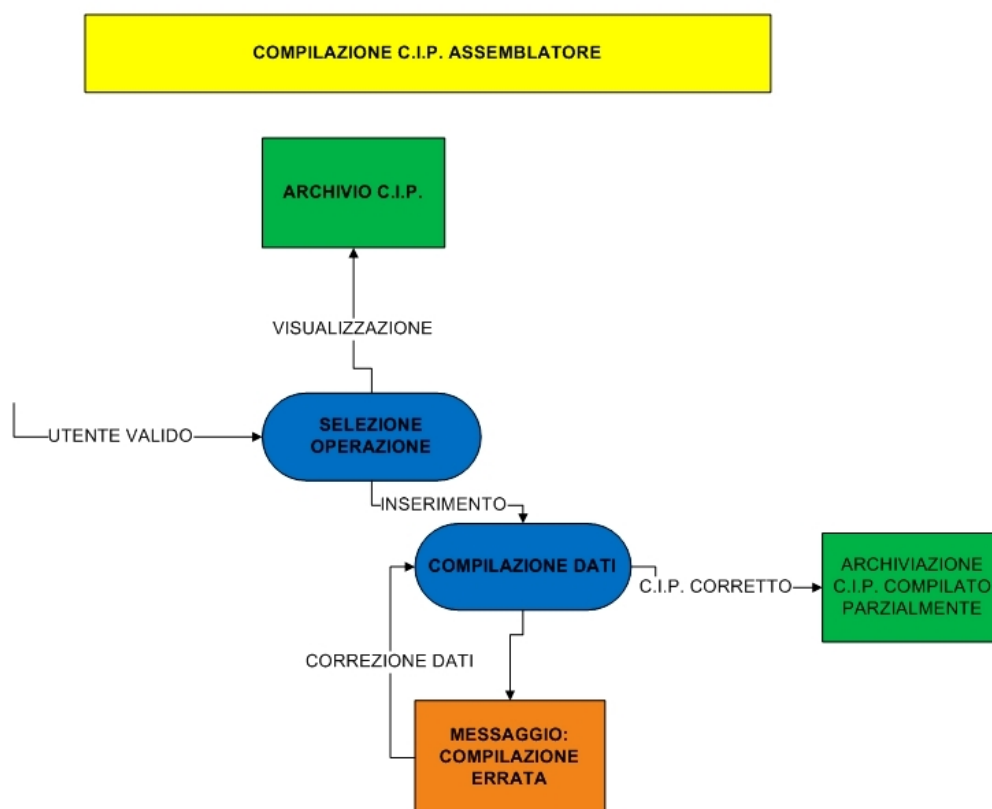


Figura 5.6: Diagramma data-flow: assemblatore

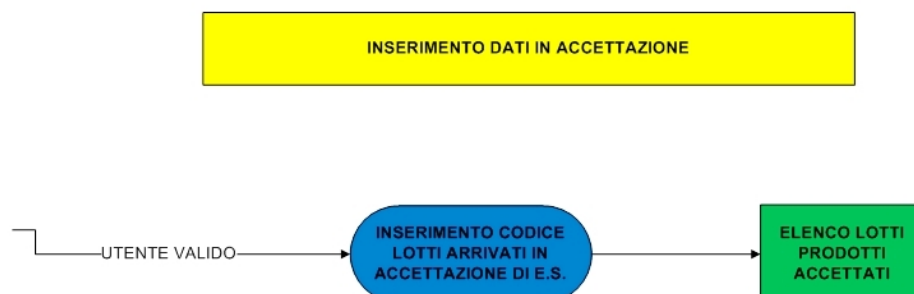


Figura 5.7: Diagramma data-flow: accettazione

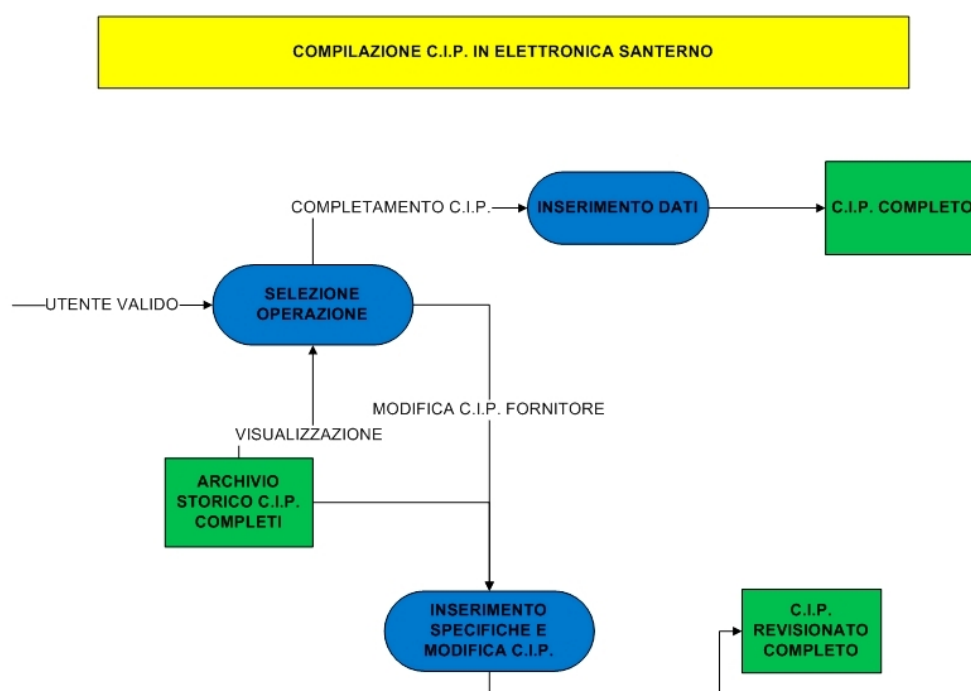


Figura 5.8: Diagramma data-flow: collaudatore E.S.

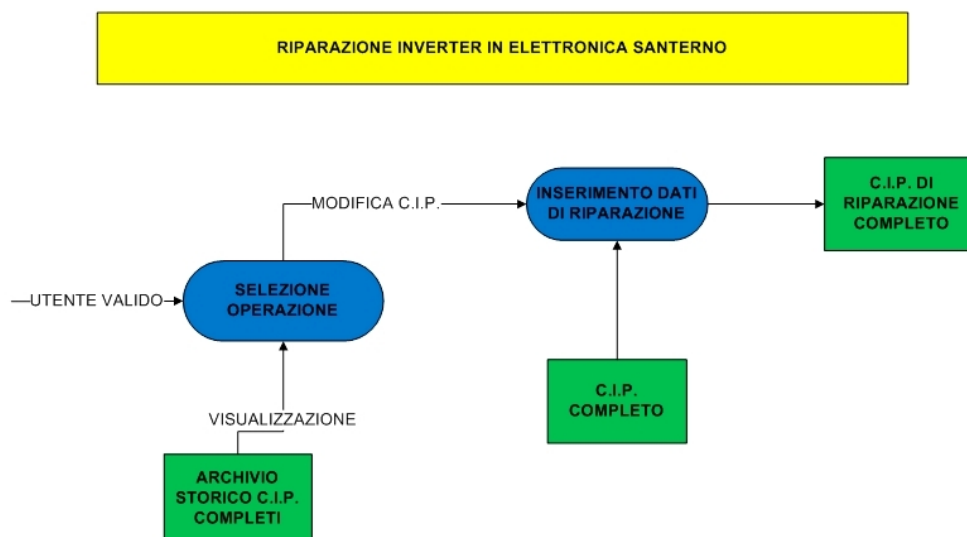


Figura 5.9: Diagramma data-flow: service E.S.

5.5 Scelte tecnologiche: applicazioni web-based

La diffusione di Internet come mezzo di comunicazione è stata favorita dalla possibilità di accedere ad un numero di informazioni potenzialmente infinito, sia in termini di quantità, che di qualità. Nella seconda metà degli anni '90 si è assistito ad un'importante evoluzione della rete, che si è trasformata in uno strumento in grado di erogare dei servizi tramite un nuovo tipo d'applicazioni distribuite: le applicazioni *enterprise*.

Le applicazioni enterprise implicano, per definizione, l'accesso ad applicazioni e ai dati collocati all'interno delle infrastrutture informatiche del fornitore di servizi. Le informazioni gestite e i dati contenuti all'interno di queste infrastrutture rappresentano la "ricchezza" del fornitore e quindi vanno trattati con estrema cura, garantendone l'integrità.

Il modello delle vecchie forme di business, legato ai sistemi informativi, è stato oggi sostituito da un nuovo modello denominato “e-business”. Esso introduce una terza dimensione che rappresenta la necessità di garantire accesso ai dati contenuti nell’infrastruttura aziendale via web, a partner commerciali, consumatori, impiegati e altri sistemi informativi.

Le applicazioni enterprise hanno reso obsoleta l’architettura client/server (inizialmente utilizzata in internet per accedere alle pagine web statiche) ponendosi come valida alternativa per vari motivi:

- **facilità di distribuzione e aggiornamento:** un’applicazione web si trova internamente sul server, per cui la pubblicazione sul server coincide con la sua distribuzione e l’aggiornamento effettuato sul server è automaticamente reso disponibile a tutti gli utenti;
- **accesso multipiattaforma:** l’accesso all’applicazione è indipendente dall’hardware e dal sistema operativo utilizzato dagli utenti;
- **riduzione del costo di gestione:** l’uso di Internet come infrastruttura per un’applicazione web riduce notevolmente sia i costi di connettività che i costi di gestione;
- **scalabilità:** un’applicazione web ben progettata può facilmente crescere insieme alle esigenze dell’azienda senza particolari problemi.

5.5.1 Architettura di una applicazione web

I componenti fondamentali di un’applicazione web sono analoghi a quelli di una tradizionale applicazione client/server. Una tipica applicazione client/server è costituita da un client (che implementa l’interfaccia utente con alcune funzionalità di elaborazione e di comunicazione) e da un server che fornisce servizi come la gestione e l’accesso ai dati di un database.

Nell’ambito web l’interazione tra client e server è più articolata, questo per consentire l’integrazione di componenti (HW e SW) di varia natura. Un’applicazione web si basa su elementi software standard e indipendenti dalle caratteristiche della piattaforma (HW e SW) su cui viene eseguita. La possibilità di creare pagine web dinamiche, cioè pagine il cui contenuto può cambiare in base al tipo di richiesta e/o d’utente, comporta nel caso più semplice, l’introduzione di un nuovo strato

(*three tier model*). Un'applicazione web, nella maggior parte dei casi, si sviluppa su tre livelli logico-funzionali (si possono avere anche applicazioni su più livelli dette *multi-tier*, vedi Figura 5.10).

Si individuano quindi:

- *livello di presentazione*: funzionalità legate all'interazione con l'utente;
- *livello intermedio*: racchiude la logica dell'applicazione;
- *livello dati*: rappresenta l'insieme dei servizi offerti da applicazioni indipendenti dal web.

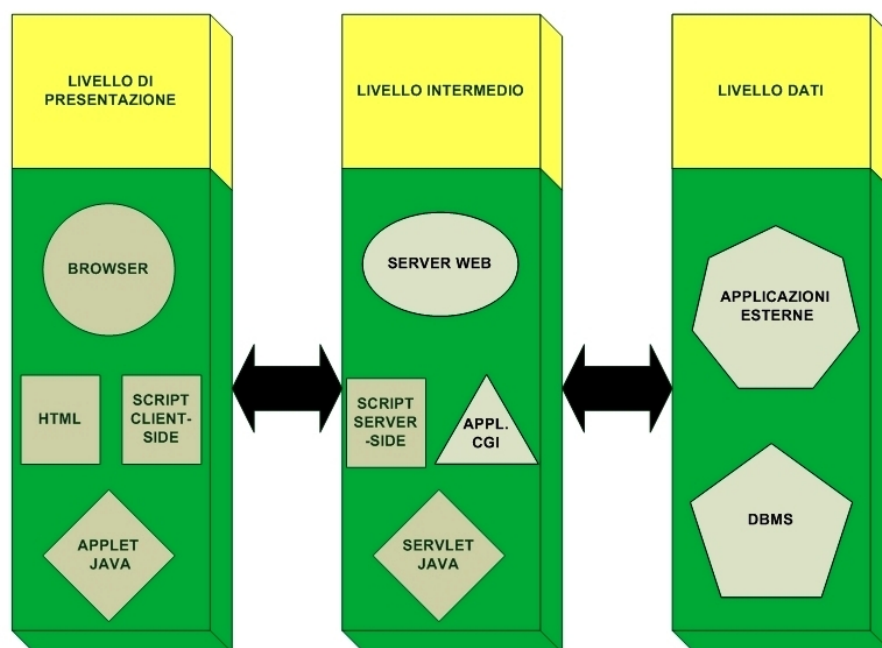


Figura 5.10: Architettura tipica di una applicazione web

Non sempre i livelli logici funzionali di un'applicazione web corrispondono a locazioni fisiche sulla rete. Si va dal caso in cui tutti e tre i livelli risiedono sulla stessa macchina, a molte altre combinazioni, fino alla coincidenza di ciascun livello con una macchina fisica. Sarà data ora una breve descrizione dei livelli architetturali di una tipica applicazione web (in seguito però si progetterà concettualmente solo il "livello dati").

- **LIVELLO DI PRESENTAZIONE**

Questo livello costituisce l'interfaccia utente dell'applicazione web e corrisponde al client nelle applicazioni client/server. È costituito da vari componenti combinati tra di loro: browser, documenti HTML, Applet Java, controlli ActiveX. La difficoltà di utilizzo di questi elementi da parte della piattaforma client, è uno dei problemi principali nella realizzazione di questo livello. L'identificazione del contesto di esecuzione dell'applicazione contribuisce a delineare le soluzioni da adottare nella realizzazione del livello di presentazione.

- **LIVELLO INTERMEDIO**

Il livello intermedio di una applicazione web contiene la logica di elaborazione dell'applicazione. È in grado di soddisfare le richieste di dati e di elaborazione del client. Le modalità di realizzazione di questo livello dipendono dalle caratteristiche e dalle tecnologie supportate dal server web e/o componenti installati sul server applicativo. In ogni caso, la funzionalità fondamentale del server web (su cui si basa l'intera applicazione) è il supporto di elaborazioni. Il livello intermedio di un'applicazione web può essere costituito da un insieme di script e programmi interagenti tra di loro.

- **LIVELLO DATI**

Il livello dati fornisce servizi non direttamente disponibili tramite il server web. Questi servizi sono generalmente forniti da applicazioni indipendenti dall'ambiente web e spesso costituiscono le applicazioni preesistenti in un'azienda. Tipici esempi di applicazioni presenti a questo livello sono: server dati (DBMS) e server di mail. In genere è opportuno prevedere dei componenti dell'architettura dell'applicazione, che fungono da connettori tra il livello intermedio e il livello dati. Infatti, utilizzando dei connettori per l'interazione con applicazioni esterne non standard, si facilita la manutenibilità nel caso in cui queste vengano modificate o sostituite.

Capitolo 6

Progettazione

La progettazione di un database è generalmente articolata in tre fasi:

1. *Progettazione concettuale*. Traduce le problematiche reali in uno schema concettuale facile da capire, senza occuparsi di come sarà costruito il database. Il modello Entità-Relazione (ER) è solitamente usato durante questo tipo di progettazione per definire gli aspetti statici del sistema, cioè i dati. Esso è un modello diagrammatico che descrive le entità da modellare, le relazioni che intercorrono tra di esse e le cardinalità delle relazioni.
2. *Progettazione logica*. Obiettivo della fase di progettazione logica è pervenire, a partire dallo schema concettuale, a uno schema logico che lo rappresenti in modo fedele, “efficiente” e indipendente dal particolare DBMS (*Data Base Management System*) adottato. A tal fine questa fase di progettazione può essere suddivisa in 2 passi:
 - (a) Ristrutturazione dello schema Entità-Relazione: è una fase indipendente dal modello logico e si basa su criteri di ottimizzazione dello schema;
 - (b) Traduzione verso il modello logico: fa riferimento ad uno specifico modello logico, nel nostro caso quello relazionale.
3. *Progettazione fisica*. Traduce lo schema logico in termini di tabelle e relazioni che andranno a costituire la struttura fisica vera e propria del database. Quest’ultima fase sarà presa in considerazione in questa tesi in modo marginale.

Nei capitoli successivi saranno presentati gli schemi concettuale e relazionale del database con la descrizione delle classi (tabelle) che compongono il database.

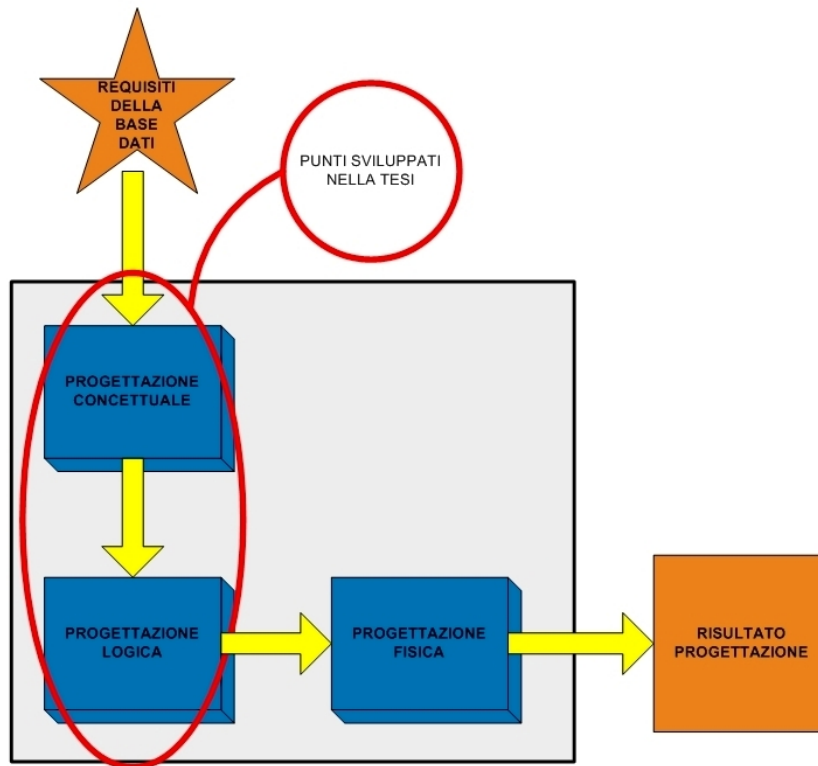


Figura 6.1: Fasi per la progettazione di un database

6.1 Progettazione concettuale

Progettare concettualmente una base di dati significa individuare gli oggetti (o entità) che la costituiscono e le relazioni (operazioni o associazioni) tra un oggetto e l'altro. Si tratta del livello più alto della progettazione di un database, quello più vicino all'uomo e più lontano dalla macchina (hardware). Deve quindi essere realizzata con strumenti e linguaggi comprensibili a tutti, non solo agli specialisti, e indipendenti dal sistema di database.

Lo schema concettuale di Figura 6.2 riporta le entità del nostro sistema con le relative dipendenze o associazioni tra le corrispondenti entità.

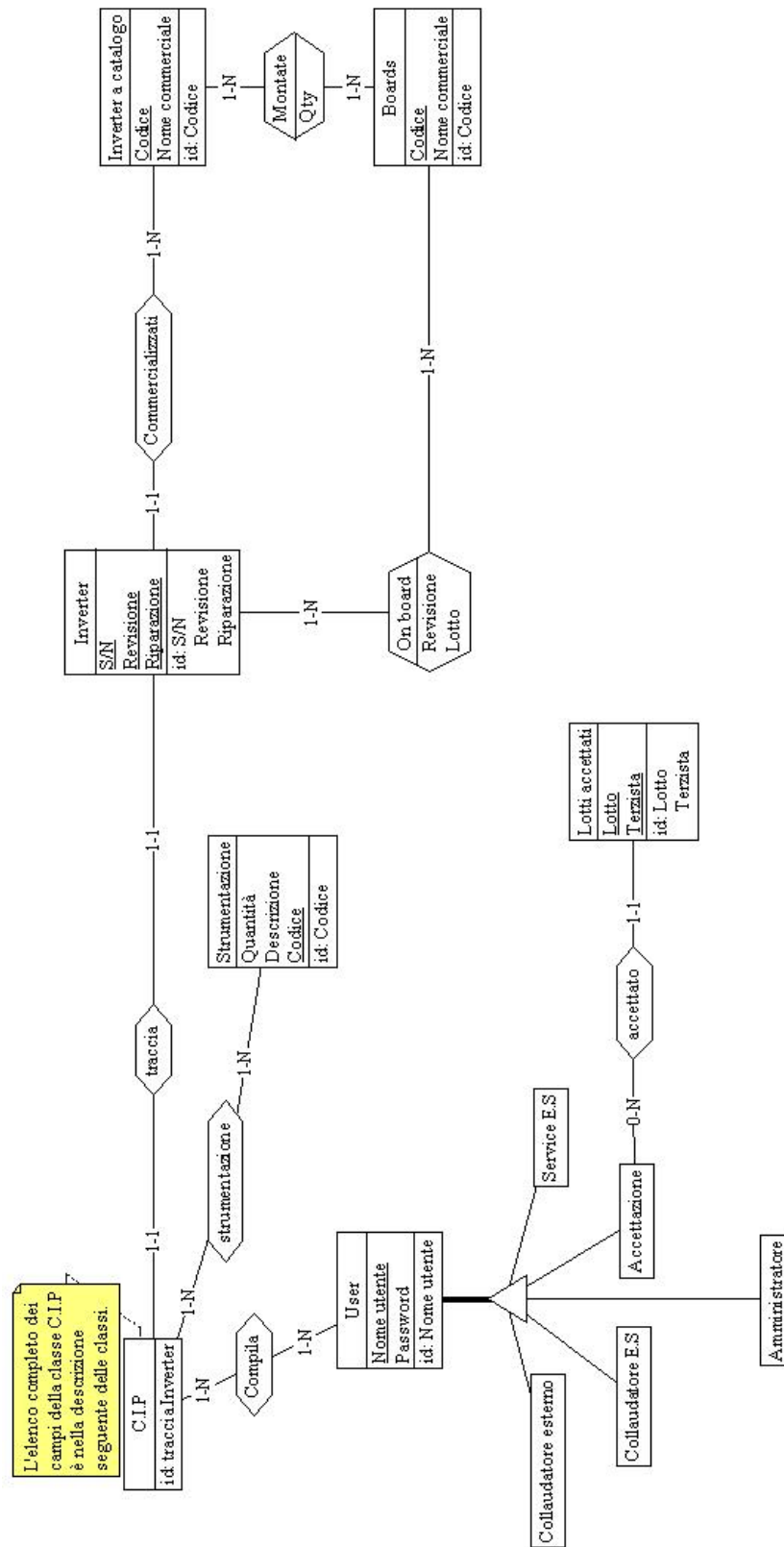


Figura 6.2: Schema concettuale

DESCRIZIONE DELLE CLASSI

| | |
|---------------------|--|
| Classe | User |
| Tipo Oggetto | Utente del Sistema |
| Scopo | Descrive le caratteristiche principali che devono essere registrate affinché l'utente possa autenticarsi al sistema. |
| Stato | Nome utente: string; |
| Vincolo | Password: string; |
| | Chiave: Nome utente; |

| | |
|---------------------|--|
| Classe | Collaudatore esterno |
| Tipo Oggetto | Collaudatore esterno eredita da User |
| Scopo | Elenca il tipo di utente Collaudatore esterno. |
| Stato | Type: string; |

| | |
|---------------------|--|
| Classe | Collaudatore E.S. |
| Tipo Oggetto | Collaudatore E.S. eredita da User |
| Scopo | Elenca il tipo di utente Collaudatore E.S. |
| Stato | Type: string; |

| | |
|---------------------|--|
| Classe | Amministratore |
| Tipo Oggetto | Amministratore eredita da User |
| Scopo | Elenca il tipo di utente Amministratore. |
| Stato | Type: string; |

| | |
|---------------------|--|
| Classe | Accettazione |
| Tipo Oggetto | Accettazione eredita da User |
| Scopo | Elenca il tipo di utente Accettazione. |
| Stato | Type: string; |

| | |
|---------------------|---------------------------------------|
| Classe | Service |
| Tipo Oggetto | Service eredita da User |
| Scopo | Elenca il tipo di utente Service E.S. |
| Stato | Type: string; |

| | |
|---------------------|---|
| Classe | Lotti accettati |
| Tipo Oggetto | Lotti di inverter arrivati in Elettronica Santerno |
| Scopo | Tiene traccia dei lotti di inverter (spediti dai terzisti ad Elettronica Santerno) arrivati in accettazione in azienda per poi essere collaudati. |
| Stato | Lotto: string; Terzista: string; |
| Vincolo | Chiave: Nome utente, Terzista; |

| | |
|---------------------|--|
| Classe | Inverter |
| Tipo Oggetto | Inverter reale sottoposto al collaudo |
| Scopo | Descrive ogni singolo inverter prodotto dall'assemblatore terzista e collaudato da Elettronica Santerno che viene poi venduto al cliente finale. |
| Stato | S/N: int; Revisione: int; Riparazione: int; |
| Vincolo | Chiave: S/N, Revisione, Riparazione; |

| | |
|---------------------|--|
| Classe | Inverter a catalogo |
| Tipo Oggetto | Tipologia di inverter commercializzato |
| Scopo | Elenca le tipologie di inverter attualmente in produzione e che possono venire ordinate da parte del cliente finale. |
| Stato | Codice: int; Nome Commerciale: string; |
| Vincolo | Chiave: Codice; |

| | |
|---------------------|--|
| Classe | Boards |
| Tipo Oggetto | Schede montate su ogni tipologia di inverter |
| Scopo | Descrive le tipologie di schede progettate da Elettronica Santerno e montabili a bordo degli inverter. |
| Stato | Codice: int; Nome Commerciale: string; |
| Vincolo | Chiave: Codice; |

| | |
|---------------------|--|
| Classe | Strumentazione |
| Tipo Oggetto | Strumenti utilizzati per il collaudo dell'inverter |
| Scopo | Elenca gli strumenti utilizzati sia dal collaudatore esterno che da quello E.S. per effettuare il collaudo di ogni singolo inverter. |
| Stato | Quantità: int; Descrizione: string; |
| Vincolo | Codice: string; Chiave: Codice; |

| | |
|---------------------|---|
| Classe | C.I.P. |
| Tipo Oggetto | Documento che traccia i dati sensibili di ogni inverter prodotto |
| Scopo | Raccoglie tutti dati sensibili che è necessario tenere traccia per ogni singolo inverter venduto al cliente finale. |
| Stato | S/N: int; Codice: string; Revisione: int; Riparazione: int; Configurazione di vendita: int; Ordine di produzione: string; Sub-Fornitore: string; Cliente: string; Data di spedizione: date; Ordine del cliente: string; Filter capacitors: string; Lotto produttore_Filter capacitors: string; Fly-back transformer: string; Lotto produttore_Fly-back transformer: string; IGBT: string; Lotto produttore_IGBT: string; Diode: string; Lotto produttore_Diode: string; SW caricato dal supplier su scheda comando: string; SW caricato da E.S. su scheda comando: string; SW originale su scheda pilotaggio: string; SW caricato dal supplier su scheda pilotaggio: string; SW caricato da E.S. su scheda pilotaggio: string; SW originale su scheda comando: string; Operazioni preliminari_Supplier: boolean; Operazioni preliminari_E.S.: boolean; |

| | |
|----------------|---|
| Vincolo | Prova di isolamento_Supplier: boolean; Prova di isolamento_E.S.: boolean; Impedenza di protezione_Supplier: boolean; Impedenza di protezione_E.S.: boolean; Collegamento equipotenziale_Supplier: boolean; Collegamento equipotenziale_E.S.: boolean; Alimentazione e verifiche preliminari_Supplier: boolean; Alimentazione e verifiche preliminari_E.S.: boolean; Prova a carico ridotto_Supplier: boolean; Prova a carico ridotto_E.S.: boolean; Test di cortocircuito_Supplier: boolean; Test di cortocircuito_E.S.: boolean; Burn-in (40°C 100 ore / hours)_Supplier: boolean; Burn-in (40°C 100 ore / hours)_E.S.: boolean; Prova a pieno carico_Supplier: boolean; Prova a pieno carico_E.S.: boolean; FOC (Field Oriented Control)_Supplier: boolean; FOC (Field Oriented Control)_E.S.: boolean; VTC (Vector Torque Control)_Supplier: boolean; VTC (Vector Torque Control)_E.S.: boolean; Note: string; Firma esecuzione prove funzionali_Supplier: string; Data esecuzione prove funzionali_Supplier: date; Firma esecuzione prove funzionali_E.S.: string; Data esecuzione prove funzionali_E.S.: date; Firma esecuzione verifiche finali_Supplier: string; Data esecuzione verifiche finali_Supplier: date; Firma esecuzione verifiche finali_E.S.: string; Data esecuzione verifiche finali_E.S.: date; Chiave: S/N, Revisione, Riparazione; |
|----------------|---|

DESCRIZIONE DELLE ASSOCIAZIONI

| Associazione | On board |
|-------------------|---|
| Scopo | Assegna alle schede montate su ogni inverter il loro lotto di produzione e la loro revisione. |
| Componenti | Inverter (1,n); Boards (1,n); |
| Stato | Revisione: int; Lotto: string |

| Associazione | Montate |
|--------------|--|
| Scopo | Indica per ogni tipologia di inverter quali sono le schede montate a bordo e la loro quantità. |
| Componenti | Inverter a catalogo (1,n); Boards (1,n); |
| Stato | Qty: int; |
| Associazione | Commercializzati |
| Scopo | Associa ad ogni inverter a catalogo gli inverter reali effettivamente venduti. |
| Componenti | Inverter (1,1); Inverter a catalogo (1,n); |
| Associazione | Traccia |
| Scopo | Associa ad ogni inverter venduto il proprio C.I.P. |
| Componenti | C.I.P. (1,1); Inverter (1,1); |
| Associazione | Compila |
| Scopo | Associa ad ogni C.I.P. l'utente (o gli utenti) che si è occupato della sua compilazione parziale o totale. |
| Componenti | C.I.P. (1,n); User (1,n); |
| Associazione | Strumentazione |
| Scopo | Associa ad ogni C.I.P. la strumentazione utilizzata per il collaudo del relativo inverter. |
| Componenti | C.I.P. (1,n); Strumentazione (1,n); |
| Associazione | Accettato |
| Scopo | Indica gli inverter arrivati in accettazione dopo che sono stati spediti dall'azienda terzista. |
| Componenti | Accettazione (0,n); Lotti accettati (1,1); |

6.2 Progettazione logica

Come per il modello ad oggetti, anche per il modello logico o relazionale è possibile definire un formalismo grafico in cui si presentano solo gli schemi di relazione e le loro associazioni, o più precisamente le chiavi esterne. Esso si realizza mediante

una trasformazione delle classi e delle loro associazioni.

Per quanto riguarda la trasformazione delle sottoclassi, le tipologie di utenti sono state inglobate nella classe *User* aggiungendo a quest'ultima un attributo discriminatore (*type*) che serve ad indicare il tipo dell'elemento. Nel nostro caso il *type* vale 0 se l'utente è l'Amministratore, vale 1 se è il Collaudatore esterno, ha valore 2 se è il Collaudatore E.S., 3 se è l'utente Accettazione e infine 4 se è l'utente Service E.S.

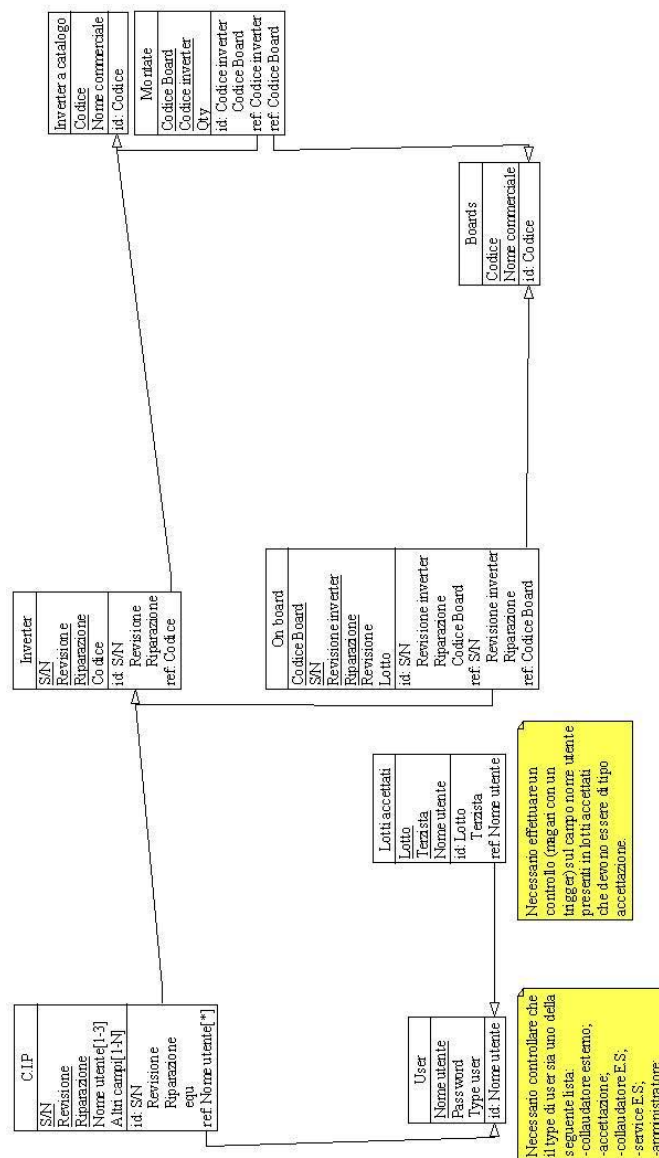


Figura 6.3: Schema logico del database

6.3 Progettazione fisica

L'ultima fase della progettazione di un Database è la progettazione fisica. Prima di iniziare il progetto occorre scegliere un DBMS (Data Base Management System) su cui si implementerà il modello dei dati dello schema logico. La progettazione fisica consiste nelle seguenti attività:

1. scelta delle strutture di memorizzazione delle tabelle e delle strutture ausiliarie di accesso ai dati (indici). Queste ultime servono per rendere più efficiente l'accesso ai dati contenuti in tabelle usate di frequente. Le strutture di memorizzazione e di accesso sono valutate tra quelle messe a disposizione dal DBMS scelto;
2. traduzione dello schema logico dei dati in uno schema fisico dei dati contenente le definizioni delle tabelle, dei relativi vincoli di integrità e delle viste espresse in SQL.

Terminata questa fase il Database è stato completamente progettato e si passa quindi alla sua realizzazione, cioè alla costruzione fisica delle tabelle e all'implementazione delle applicazioni che sfrutteranno la base di dati. Le applicazioni sono scritte in linguaggi di programmazione ad alto livello e possono riutilizzare il codice SQL scritto precedentemente. La fase di realizzazione è spesso seguita da una fase di ottimizzazione, in cui le prestazioni del DBMS sulla specifica base di dati, vengono valutate; sono invece possibili cambiamenti dei parametri decisi durante la progettazione fisica (ad esempio, l'aggiunta di un nuovo indice).

La progettazione fisica esula dagli obiettivi di questa tesi (richiederebbe comunque la partecipazione al progetto di personale con elevate competenze informatiche) e non sarà quindi implementata. Di seguito viene descritta l'implementazione di un semplice prototipo, necessario per organizzare le numerose idee scaturite durante l'analisi dei requisiti del sistema e per poter arrivare a una simulazione di sistema il più vicina possibile alla realtà.

6.3.1 Il prototipo

Come già detto, la realizzazione di un prototipo è stata ritenuta necessaria per organizzare le numerose idee scaturite durante l'analisi dei requisiti del sistema

da progettare e poter quindi arrivare ad una sua simulazione abbastanza vicina alla realtà. Un prototipo può essere definito come: “sottoinsieme dell’applicazione utilizzato per verificare la correttezza di un algoritmo o la comprensione da parte dell’utente”. Esistono diverse tipologie di prototipi; ci sono quelli usa e getta (usati solo per effettuare un particolare tipo di test e poi abbandonati) e quelli evolutivi, costituiti dall’applicazione stessa grezza e non completata.

Il prototipo realizzato in Access, non è connesso alla rete aziendale e le informazioni in esso contenute hanno un valore esemplificativo. Si è deciso di non implementare realmente questo strumento in quanto la quantità di dati da archiviare sarà molto elevata, mentre Access, per dimensioni del database sopra i 6MB, non è stabile e non garantisce la sicurezza dei dati (per questo motivo è impensabile farlo funzionare realmente). Questo prototipo sarà comunque di primaria importanza per l’implementazione del sistema definitivo, in quanto scrivere il codice di una applicazione è molto più semplice se si parte dall’immagine di come dovranno essere impostate le pagine.

Ipotizzando che gli utenti del sistema, siano confidenti nell’utilizzo del computer e che il *training* per l’utilizzo dell’applicativo deve essere minimo, si è realizzata un’interfaccia utente usabile (*user-friendly*). Usabilità è sinonimo di facilità d’uso, ovvero la facilità con la quale un utente può imparare ad operare, a predisporre l’input e interpretare l’output di un sistema o di una sua componente. L’usabilità non è una caratteristica da aggiungere alla fine di sviluppo di un software, ma una modalità di lavoro già in atto a partire dalla prototipazione del sistema.

Si riporta ora una serie di immagini del prototipo realizzato, con lo scopo di far comprendere le funzioni disponibili agli utenti.

Autenticazione (Pagina iniziale)

Questa è la pagina di accesso (Figura 6.4), ed è comune a qualsiasi utente voglia utilizzare lo strumento. Dopo aver scelto il nome dell’azienda per cui si lavora, per accedere al sistema sarà necessario inserire le proprie credenziali di accesso.

Pagina di lavoro dell’utente Assemblatore Esterno

L’utente in questione per compilare un nuovo C.I.P. dovrà, nella pagina iniziale (Figura 6.5), indicare la tipologia di inverter in questione. Automati-

camente si aprirà una pagina del C.I.P. (Figura 6.6 e Figura 6.7) nel quale andranno inseriti i dati di competenza.

Scegliendo il nome commerciale dell'inverter (cerchiato in verde), automaticamente compariranno le schede elettroniche a bordo, cerchiato in rosso (rimane solo da inserire il lotto di provenienza), e il codice dell'istruzione operativa (cerchiati in blu) da seguire per effettuare il collaudo. Questa modalità d'uso ha l'obiettivo di semplificare il più possibile il compito dell'utente assemblatore.

Se invece l'Assemblatore vuole rintracciare un C.I.P. precedentemente compilato, nella pagina dedicata (Figura 6.8) deve inserire il S/N dell'inverter in questione. È infine possibile consultare l'intero archivio dei C.I.P. compilati in azienda.

Pagina di lavoro dell'utente Accettazione

Effettuato l'accesso al sistema, questo utente ha un solo compito da eseguire. Ogni volta che arriveranno nella zona accettazione di Elettronica Santerno dei lotti di inverter, dovrà inserire negli appositi campi i seguenti dati: il nome dell'azienda che li ha spediti, la data di accettazione, l'ordine di lavoro (*Work Order*) corrispondente, e il codice del lotto accettato (vedi Figura 6.9).

Pagina di lavoro dell'utente Collaudatore E.S.

Il compito principale dei collaudatori di Elettronica Santerno è quello di collaudare gli inverter assemblati dai terzisti. Una volta effettuato l'accesso, nella pagina di apertura (Figura 6.10) è previsto l'inserimento del S/N dell'inverter da collaudare. Fatto questo e premuto il tasto "Completa" si aprirà automaticamente il C.I.P. relativo (identico a quello mostrato in Figura 6.6 e Figura 6.7) con le informazioni inserite precedentemente dall'assemblatore terzista. Qualora il collaudatore debba apportare delle modifiche all'inverter, dovrà selezionare la pagina "Modifica C.I.P." (Figura 6.11) dove è richiesto l'inserimento del S/N dell'inverter, e selezionare l'ultimo numero di revisione del C.I.P. (in questo modo l'operatore andrà a modificare la copia del C.I.P. più recente). Premendo "Modifica" il collaudatore sarà abilitato a completare il C.I.P. nelle sue parti mancanti, e a modificare eventualmente i campi compilati in precedenza dall'assemblatore esterno. Le altre due finestre

sono le stesse di Figura 6.5 e Figura 6.8; in queste finestre l'utente può compilare un nuovo C.I.P. o consultarne l'intero archivio relativo agli inverter venduti da Elettronica Santerno.

Pagina di lavoro dell'utente Service E.S.

L'utente del Service, una volta fatto il log-in, per inserire nel sistema le modifiche effettuate sull'inverter rientrato, dovrà inserire il S/N dell'inverter rientrato per riparazione o revisione e selezionare il numero di revisione e il numero di riparazione più recente (Figura 6.12). Quindi, premendo il tasto "Riparazione" accederà al C.I.P. e potrà modificare ogni campo che necessita di essere aggiornato (in base alle riparazioni che ha effettuato sull'inverter). Anche questo utente è abilitato a consultare l'archivio aziendale dei C.I.P., la cui pagina è la medesima per tutti gli operatori (Figura 6.5).

The image shows a web interface for user login. At the top, there is a logo for Santerno Carraro Group, consisting of a red stylized 'S' and the text 'SANTERNO CARRARO GROUP'. Below the logo, the title 'COMPILAZIONE C.I.P. ELETTRONICA SANTERNO' is displayed in red. The main form area contains an 'AZIENDA' dropdown menu with a list of options: 'Elettronica Santerno', 'XXX', 'WWW', and 'ZZZ'. To the right of the dropdown are 'USERNAME' and 'PASSWORD' input fields. A 'LOG-IN' button is positioned to the right of the password field. A 'LOG-OUT' button is located at the bottom center of the form area.

Figura 6.4: Prototipo: User Login



Figura 6.5: Prototipo: Utente Assemblatore

C.I.P. collaudo Elettronica Santerno

Prodotto:

S/N: Codice: Configurazione di vendita:

Ordine di produzione: Sub-fornitore:

Cliente: Data di spedizione: Ordine del cliente:

COMPONENTI TRACCIATI / COMPONENTS TRACING

Condensatori: Lotto produttore:
 Fly-back: Lotto produttore FB:
 IGBT: Lotto produttore IGBT:
 Diodi: Lotto produttore D:
 Altro: Lotto produttore A:

SOFTWARE

Prima versione SW caricata su scheda di comando:
 Software supplier scheda di comando:
 Software ES scheda di comando:
 Prima versione SW caricata su scheda di pilotaggio:
 Software supplier scheda di pilotaggio:
 Software ES scheda di pilotaggio:

SCHEDA / BOARDS

| Scheda | Nome | Code | Numero | Rev | Lotto | |
|-----------|------------------------|--------|-----------|-------------|---------|----------|
| Scheda 1: | ES778 control board | Code 1 | ZZ0095240 | Numero 1: 1 | Rev1: 1 | Lotto 1: |
| Scheda 2: | ES823 driver board | Code 2 | ZZ0095170 | Numero 2: 1 | Rev2: 0 | Lotto 2: |
| Scheda 3: | ES825 filter board "1" | Code 3 | ZZ0095180 | Numero 3: 1 | Rev3: 0 | Lotto 3: |

Figura 6.6: Prototipo: C.I.P. prima pagina

| | | | | | | | | | |
|------------|----------------------|----------|----------------------|------------|----------------------|--------|---|----------|----------------------|
| Scheda 4: | <input type="text"/> | Code 4: | <input type="text"/> | Numero 4: | <input type="text"/> | Rev4: | 0 | Lotto4: | <input type="text"/> |
| Scheda 5: | <input type="text"/> | Code 5: | <input type="text"/> | Numero 5: | <input type="text"/> | Rev5: | 0 | Lotto5: | <input type="text"/> |
| Scheda 6: | <input type="text"/> | Code 6: | <input type="text"/> | Numero 6: | <input type="text"/> | Rev6: | 0 | Lotto6: | <input type="text"/> |
| Scheda 7: | <input type="text"/> | Code 7: | <input type="text"/> | Numero 7: | <input type="text"/> | Rev7: | 0 | Lotto7: | <input type="text"/> |
| Scheda 8: | <input type="text"/> | Code 8: | <input type="text"/> | Numero 8: | <input type="text"/> | Rev8: | 0 | Lotto8: | <input type="text"/> |
| Scheda 9: | <input type="text"/> | Code 9: | <input type="text"/> | Numero 9: | <input type="text"/> | Rev9: | 0 | Lotto9: | <input type="text"/> |
| Scheda 10: | <input type="text"/> | Code 10: | <input type="text"/> | Numero 10: | <input type="text"/> | Rev10: | 0 | Lotto10: | <input type="text"/> |
| Scheda 11: | <input type="text"/> | Code 11: | <input type="text"/> | Numero 11: | <input type="text"/> | Rev11: | 0 | Lotto11: | <input type="text"/> |
| Scheda 12: | <input type="text"/> | Code 12: | <input type="text"/> | Numero 12: | <input type="text"/> | Rev12: | 0 | Lotto12: | <input type="text"/> |

Strumentazione: Codice strumentazione:

PROVE FUNZIONALI / FUNCTIONAL TEST

Operazioni preliminari:

Prova di isolamento:

Impedenza di protezione:

Collegamento equipotenziale:

Alimentazione e verifiche preliminari:

Prova a carico ridotto:

Test di cortocircuito:

Burn-in:

Prova a pieno carico:

Prove funzionali supplier:

Prove funzionali ES:

Verifiche finali Supplier:

Verifiche finali ES:

Firma Supplier:

Firma ES:

Firma Supplier finale:

Firma ES finale:

COMPILARE SOLO PER SERIE SINUS PENTA / FILL IN FOR SINUS PENTA SERIES ONLY

FOC:

VTC:

Note:

Po test is: Po coll vuoto: Po coll fin:

Revisione: Costruzione:

Figura 6.7: Prototipo: C.I.P. seconda pagina



SANTERNO
CARRARO GROUP

ASSEMBLATORE ESTERNO

Figura 6.8: Prototipo: Archivio C.I.P.

The screenshot shows the 'ACCETTAZIONE ELETTRONICA SANTERNO' interface. At the top is the Santerno Carraro Group logo. Below it is the title 'ACCETTAZIONE ELETTRONICA SANTERNO'. The main content area is titled 'LOTTI IN ARRIVO' and contains a form with four input fields: 'Azienda' (a dropdown menu), 'Data accettazione', 'W.O.', and 'Lotto arrivo'. To the right of these fields is a button labeled 'INSERISCI A SISTEMA'. On the far right of the interface is a 'LOG-OUT' button.

Figura 6.9: Prototipo: Utente Accettazione

The screenshot shows the 'COLLAUDO ELETTRONICA SANTERNO' interface. At the top is the Santerno Carraro Group logo. Below it is the title 'COLLAUDO ELETTRONICA SANTERNO'. The main content area has a navigation bar with four tabs: 'COMPLETA C.I.P.', 'MODIFICA C.I.P.', 'NUOVO C.I.P.', and 'ARCHIVIO C.I.P.'. Below the tabs is a form with an 'S/N' input field and an empty input field. A 'COMPLETA' button is centered below the form. On the far right of the interface is a 'LOG-OUT' button.

Figura 6.10: Prototipo: Utente Collaudo E.S.

The screenshot shows the 'COLLAUDO ELETTRONICA SANTERNO' interface. At the top is the Santerno Carraro Group logo. Below it, the title 'COLLAUDO ELETTRONICA SANTERNO' is displayed in red. A navigation bar contains four tabs: 'COMPLETA C.I.P.', 'MODIFICA C.I.P.', 'NUOVO C.I.P.', and 'ARCHIVIO C.I.P.'. The 'MODIFICA C.I.P.' tab is active. The main content area contains three input fields: 'S/N' (text), 'NUMERO REVISIONE' (dropdown), and 'MODIFICA' (button). A 'LOG-OUT' button is located on the right side of the interface.

Figura 6.11: Prototipo: Modifica C.I.P. da parte dell'Utente Collaudo E.S.

The screenshot shows the 'SERVICE ELETTRONICA SANTERNO' interface. At the top is the Santerno Carraro Group logo. Below it, the title 'SERVICE ELETTRONICA SANTERNO' is displayed in red. A navigation bar contains two tabs: 'RIPARAZIONE' and 'ARCHIVIO C.I.P.'. The 'RIPARAZIONE' tab is active. The main content area contains three input fields: 'S/N' (text), 'NUMERO REVISIONE' (dropdown), and 'NUMERO RIPARAZIONE' (dropdown). A 'RIPARAZIONE' button is located to the right of the input fields. A 'LOG-OUT' button is located on the right side of the interface.

Figura 6.12: Prototipo: Utente Service E.S.

Capitolo 7

Indici di performance

Le aziende devono migliorare continuamente il proprio livello di competitività. Oggi competere significa essere capaci di rispondere a quattro grandi sfide: la globalizzazione dei mercati, l'orientamento al cliente, l'orientamento al processo, l'aumento della produttività.

Il continuo mutamento dei fattori chiave, necessari alle aziende per essere competitive, le costringe a tener costantemente sotto osservazione ogni singolo processo. Non ci si può affidare troppo a lungo alle formule di successo conosciute, alle metodiche standardizzate, alle conoscenze consolidate. Il fattore che ha portato al successo in un determinato periodo può essere ciò che porta al fallimento in un periodo successivo (è sufficiente il cambio di uno fra i tanti elementi dello scenario competitivo).

Il controllo della performance aziendale ha per obiettivo quello di portare l'azienda a migliorare continuamente i propri risultati. Si stabiliscono obiettivi, budget, piani operativi e successivamente si misura la performance realizzata. Occorre quindi un sistema di controllo che misuri il grado di raggiungimento complessivo degli obiettivi. Tale controllo riguarderà il risultato aziendale relativo ad un determinato periodo di tempo. Non potrà mai essere relativo a singole decisioni o azioni specifiche. Il controllo della performance serve ad influenzare le decisioni e la realizzazione degli obiettivi solo indirettamente. Fissa obiettivi generali che occorre tener presente quando si assumono decisioni specifiche.

I sistemi di controllo della performance evitano di ricorrere alla continua supervisione diretta, garantendo quindi alle varie unità aziendali la necessaria autonomia per decidere e agire.

Le difficoltà per implementare un sistema di misurazione della performance non sono poche. Un problema iniziale è quello di stabilire il periodo di controllo e pianificazione. Periodi di tempo troppo lunghi fanno cadere la connessione fra obiettivi e azioni quotidiane; periodi troppo brevi impediscono la necessaria libertà di azione ai decisori aziendali. La misura della “produttività globale” è una misura parziale delle performances di un sistema produttivo, che deve comprendere ulteriori parametri, quali la capacità innovativa, la flessibilità, la qualità del prodotto, il servizio, includendo anche la qualità del lavoro delle persone. Oggi si assiste alla crisi dei modelli classici, sia di definizione “strategia di performance” che di misura del grado di raggiungimento degli obiettivi strategici. Sul versante strategico il “trade off” degli obiettivi della scuola classica (esempio: qualità contro costi) è stato sostituito da un approccio che applica una visione sinergica degli obiettivi da perseguire, unitariamente all’approccio “miglioramento continuo” (quale equilibrio dinamico in un sistema produttivo).

Sul versante degli investimenti (in un sistema competitivo che lega ormai le quote di mercato a fattori non tradizionali quali la “velocità”) i metodi classici di valutazione di redditività (basati sui flussi di cassa futuri) si sono dimostrati inadeguati a cogliere la valenza strategica di investimenti, atti al miglioramento di qualità, flessibilità e servizio.

Sul versante del controllo di gestione, la misura delle prestazioni (ridotte ad una sola quantificazione di varianze) non è in grado di rilevare altre performances, ad esempio il servizio. Sempre sul fronte del controllo, è opportuno rilevare come da parte di numerosi analisti, si contesti il sistema tradizionale di ribaltamento dei costi sulla base delle ore dirette (*direct cost*), proponendo, quale parametro di indicizzazione, il *lead time* di produzione. Le stesse fonti, inoltre criticano l’efficacia degli attuali strumenti di reporting, a favore di strumenti più “partecipativi” propri della cultura della qualità totale (lavagne, grafici e istogrammi sulle pareti, indici di immediata comprensione, ecc.).

Infine, la stessa logica di controllo, basata sulla misura e sul confronto con prestazioni di riferimento (standard), viene ritenuta inadeguata a misurare l’efficienza dinamica e l’efficacia di sistemi produttivi in continuo divenire.

A livello operativo si tende a misurare la produttività dell’impresa, utilizzando parametri quali la produttività dei materiali, del lavoro (diretto e indiretto) e del capitale investito. Tale misura risulta estremamente parziale, infatti la misura del-

la performance deve comprendere ulteriori parametri, quali la capacità innovativa, la flessibilità.

Come può quindi un'azienda conoscere il proprio grado di performance? Non è possibile affidarsi ai soli risultati economici, dietro ai quali si nascondono altrettanto bene sia i problemi che le eccellenze aziendali. Monitorare la performance significa prendere in considerazione almeno otto dimensioni:

- l'efficacia delle azioni aziendali, ovvero fare le cose giuste;
- l'efficienza, ovvero ottimizzare il rapporto fra risorse consumate e risultati ottenuti;
- la qualità dei sistemi informativi utilizzati dall'azienda (SIA);
- la produttività, ovvero il rapporto fra risorse di prodotti in input e output;
- il benessere di chi lavora in azienda;
- l'innovazione;
- la redditività del capitale investito in azienda;
- l'adattabilità, ovvero la capacità aziendale di affrontare i cambiamenti.

Il punto di partenza è sempre dato dall'efficacia, cioè dalla capacità aziendale di fare le cose giuste. Seguono poi l'efficienza, l'innovazione e la qualità: questi fattori, insieme, costituiscono l'ossatura dell'organizzazione produttiva. Adattabilità ai cambiamenti e benessere del personale rappresentano gli elementi di equilibrio e continuità necessari a qualsiasi azienda.

Un modello di analisi della performance aziendale deve quindi prendere in considerazione diverse aree aziendali, ad esempio: economia, relazioni esterne, relazioni interne e capacità di cambiamento. L'area dell'economia (amministrazione, finanza e controllo) prende in considerazione fattori quali la redditività, il flusso di cassa e la stabilità finanziaria. L'area delle relazioni esterne implica la valutazione di fattori quali il mercato, le risorse esterne, i limiti legislativi ed istituzionali. L'area delle relazioni interne si riferisce a fattori quali l'ottimizzazione dei costi e l'ambiente di lavoro. Infine l'area della capacità di cambiamento fa riferimento alla consapevolezza strategica e alle condizioni per il cambiamento.

Una azienda strutturata deve sempre monitorare i propri risultati (misura delle performance). Una modalità estremamente diffusa, è quella di controllare la performance sulla base di criteri quantitativi, normalmente di natura economica: profitto, fatturato, redditività degli investimenti, indebitamento, ecc. In breve tempo questi indicatori quantitativi di performance possono indurre forti distorsioni in azienda. Gli indicatori quantitativi infatti sostituiscono quelli qualitativi: qualità del servizio, qualità del prodotto, soddisfazione della clientela, innovazione, responsabilità sociale, clima di lavoro e immagine aziendale. In realtà obiettivi economici ed obiettivi sociali sono sempre impliciti in ogni strategia aziendale: un sistema di controllo basato sui soli indicatori quantitativi economici spinge l'impresa a comportarsi in modo "irresponsabile" dal punto di vista sociale e ambientale, con gravi ripercussioni sull'immagine esterna e sul clima interno.

7.1 KPI in Elettronica Santerno

Per concludere e validare il nostro progetto è quindi necessario individuare dei KPI (*Key Performance Index*) ossia degli indici di performance che misurino e giustifichino l'introduzione dello strumento FileZilla e l'implementazione in un secondo tempo del sistema informativo progettato.

Prima dell'avvio di questo lavoro, non erano presenti in Elettronica Santerno indicatori che tenessero traccia del processo di rintracciabilità relativamente alle informazioni contenute nel bollettino (veniva inglobato in altre aree). Risulta quindi assai arduo effettuare un paragone fra il prima e il dopo.

Non è neppure semplice individuare indici quantitativi (performance), in quanto tutta la tesi tratta del miglioramento di un servizio e non di un processo. Per questo motivo andremo soprattutto a descrivere cosa è cambiato con l'introduzione di questi strumenti e in che settori aziendali si hanno avuto i maggiori miglioramenti. Abbiamo per questo identificato i seguenti indici:

FTP

INDICI QUALITATIVI

- *Soddisfazione del fornitore.* A distanza di un mese dall'implementazione della modalità FTP, un'intervista informale ai 3 fornitori principali di

Elettronica Santerno ha evidenziato una loro completa soddisfazione della nuova modalità operativa.

- *Soddisfazione del personale interno.* Dopo un corso di formazione per un corretto utilizzo della nuova modalità di compilazione e salvataggio dei C.I.P. tutti i collaudatori di Elettronica Santerno si sono dichiarati soddisfatti. Uno dei motivi principali di questa soddisfazione riguarda l'abolizione della carta (che comportava una perdita di tempo non trascurabile nell'archiviazione e una certa difficoltà nel comprendere le informazioni contenute). I responsabili aziendali hanno indicato come fattore distintivo più importante la possibilità di un recupero veloce del C.I.P., oltre che una immediata fruizione dei dati da parte di tutto il personale dell'azienda (cosa che prima non avveniva in quanto serviva conoscere la locazione degli archivi cartacei e la logica con la quale i bollettini venivano archiviati). Hanno inoltre apprezzato le nuove informazioni contenute nel C.I.P. e stanno pensando a un'estensione di questo strumento a tutti i prodotti aziendali. Questo strumento inoltre aiuterà molto il service nelle eventuali campagne di richiamo di prodotti, in quanto permette un puntuale e preciso controllo analitico dei dati contenuti nei C.I.P.

INDICI QUANTITATIVI

- *TRI (Media tempi di risposta su informazioni di vendita).* Questo indice è espressione della capacità di risposta del personale che si interfaccia col cliente. Si misura l'intervallo di tempo intercorso tra il ricevimento di una richiesta di informazione da parte del cliente e la fornitura della relativa risposta. A causa della mancanza di adeguati sistemi informativi, questo indice non è mai stato misurato e ancora oggi appare di difficile misurazione; è comunque evidente che la modalità FTP velocizza il recupero delle informazioni relative ad un determinato inverter.
- *IDNL (Indice leggibilità documenti).* Questo indice serve per verificare che tutte le informazioni contenute nei C.I.P. siano accessibili, comprensibili e utilizzabili. Questo non sempre avveniva con la compilazione manuale (con la compilazione informatizzata, l'indice dovrà tendere a 0). La base temporale per la verifica è stata fissata in un anno, allo

scopo di aver un campione significativo.

$$\text{IDNL} = \frac{\text{n}^\circ \text{ documenti non leggibili}}{\text{n}^\circ \text{ documenti conservati e verificati}}$$

SISTEMA INFORMATIVO

Ancora più complesso sarà individuare degli indici di performance del sistema informativo (deve ancora avvenire la sua implementazione); il prototipo è stato messo in funzione solo per individuare criticità che la progettazione astratta non avrebbe potuto mettere in luce.

INDICI QUALITATIVI

Oltre agli indici di soddisfazione degli assemblatori esterni e degli utilizzatori interni, si può aggiungere il seguente indicatore:

- *Indice di Customer Satisfaction.* Indagini presso il cliente finale, tese ad accertare, consolidare ed accrescere il livello di soddisfazione del cliente (in relazione alle sue aspettative o alle esigenze del mercato). L'indice viene già utilizzato ampiamente da Elettronica Santerno. Nel futuro il questionario utilizzato per rilevare questo indice dovrà quindi prevedere un campo dedicato alla valutazione delle prestazioni del nuovo sistema informativo, con lo scopo di capire come viene percepito dal cliente finale e ottenere dal cliente stesso una valutazione di confronto tra il livello delle prestazioni fornite da Elettronica Santerno ed il livello delle prestazioni attese, eventualmente confrontate con quelle fornite dalla concorrenza.

INDICI QUANTITATIVI

Si possono utilizzare in questo contesto gli stessi indici utilizzati per l'FTP. L'indice IDNL (a pagina 75) viene sostituito dal seguente (non sarà importante verificare quanti documenti non sono leggibili ma quanti contengono errori):

- *E% (Percentuale di errore dei documenti processati).* L'indice è espressione del tasso di errori rilevati rispetto al totale dei documenti processati; oppure come numero di documenti elaborati (con almeno un errore) sul totale dei documenti. Grazie al sistema informativo sarà possibile

individuare facilmente eventuali errori presenti nel C.I.P. (con FTP non è possibile, in quanto sarebbe richiesta una verifica visiva da parte dell'operatore, su ogni C.I.P., con consistente perdita di tempo). Anche questo indice è stato creato ex-novo in quanto prima dell'introduzione del sistema informativo sarebbe stato impossibile una sua valutazione.

$$E\% = \frac{\text{n}^\circ \text{ documenti acquisiti con errore}}{\text{n}^\circ \text{ documenti verificati dal collaudo}}$$

A conclusione di questo capitolo si può quindi affermare che le esigenze evidenziate inizialmente dalla direzione sono state risolte (lo saranno completamente quando avverrà l'implementazione del sistema informativo). Sono stati introdotti indici che serviranno per monitorare questo processo, quindi nel tempo si avrà un range di riferimento con cui poter misurare le prestazioni fornite da questi strumenti.

Conclusioni

In questa sezione si ripercorreranno le tappe principali del lavoro svolto, evidenziandone i risultati raggiunti e i possibili futuri sviluppi.

Considerazioni finali

Il progetto è nato con l'intento di studiare e progettare uno strumento software che potesse rendere più efficiente ed affidabile la gestione delle informazioni scaturite lungo il processo che partiva dall'assemblaggio dell'inverter (da parte del terzista) fino alla sua vendita al cliente finale da parte di Elettronica Santerno. Il sistema doveva prevedere interfacce uomo-sistema dedicate ad ogni tipologia di operatore (ognuno con la sua chiave e password di accesso) dove inserire le informazioni scaturite dal proprio lavoro e una base dati comune che tenesse traccia (su supporto informatico) della storia di ogni singolo inverter prodotto e venduto.

L'obiettivo finale da raggiungere è quello di fornire una valida alternativa alla procedura (poco performante ed obsoleta) attualmente in uso in Elettronica Santerno (con l'utilizzo dei bollettini di collaudo cartacei).

In futuro la nuova soluzione proposta, potrebbe soddisfare le esigenze di tutti gli operatori attivi lungo il processo di assemblaggio, collaudo e riparazione del prodotto.

Agli assemblatori esterni (che forniscono l'inverter finito ad Elettronica Santerno) il nuovo sistema consentirà di avere a disposizione e poter consultare, un archivio di tutti gli inverter da loro prodotti, di migliorare la comunicazione con Elettronica Santerno e di avere un notevole risparmio di carta. Il vantaggio più evidente è comunque ottenuto da Elettronica Santerno stessa, infatti per ogni inverter si avrà a disposizione un bollettino informatizzato che consentirà di eliminare l'archiviazione manuale e cartacea (risparmio delle risorse tempo e carta); inoltre si avranno a

disposizione maggiori informazioni per ogni inverter prodotto, grazie alla ristrutturazione dei contenuti del bollettino (informazioni) e alle performance del sistema; si potrà infatti tenere traccia di ogni operazione effettuata sul prodotto stesso. Infine questo strumento permetterà una ricerca dati negli archivi dei bollettini molto più rapida (in quanto non manuale ma informatizzata) e sarà possibile anche effettuare ricerche incrociate.

Si ripercorrono ora le fasi principali che hanno portato alla realizzazione del progetto.

La premessa al progetto era studiare il funzionamento e la struttura degli inverter progettati e venduti da Elettronica Santerno. È stato anche necessario prendere conoscenza delle operazioni di collaudo (sugli inverter) che vengono effettuate in azienda. Questo primo approccio teorico era un requisito essenziale per poter individuare i punti di debolezza del bollettino cartaceo in uso. Individuato quindi il flusso informativo (ritenuto idoneo), si è proceduto quindi con la creazione di un C.I.P. (Certificato Identificazione Prodotto) che contenesse al suo interno tutte le informazioni individuate come critiche di ogni inverter.

A questo punto il lavoro sul progetto si è sviluppato contemporaneamente su due fasi. Una operativa, avente come scopo l'implementazione di un nuovo bollettino informatizzato che sostituisse quello cartaceo; basato sul sistema FTP (File Transfer Protocol) e immediatamente operativo. Parallelamente si è svolta una attenta definizione dei requisiti funzionali del sistema, in modo evolutivo (approssimazioni successive); si è studiata l'architettura del sistema ed è iniziata la fase di progettazione teorica (evitando quella fisica onerosa in termini di tempo e richiedente conoscenze non disponibili al momento). Si è inoltre sviluppato un prototipo dell'applicazione, ritenuto necessario per agevolare l'implementazione futura e per affinare alcuni requisiti e individuare criticità non emerse. Il prototipo è stato sviluppato in Access.

Il lavoro di questa tesi è stato accompagnato da continue verifiche sulla validità dell'idea e della sua possibile implementazione. Inoltre dal mese di gennaio è stata reso operativo il nuovo C.I.P. Attualmente lo scambio e archiviazione dei C.I.P. avviene esclusivamente tramite FTP. Una prima analisi di questa nuova situazione ha mostrato che si sono già avuti i primi sensibili miglioramenti. Infatti, oltre alla soddisfazione da parte dei fornitori, un'indagine interna ha mostrato come questo

nuovo strumento abbia effettivamente migliorato la gestione dei C.I.P. portando a un'archiviazione molto più veloce ed anche ad un recupero semplificato dei dati. Infine questo strumento sarà fruibile da tutto il personale di Elettronica Santerno, migliorando in questo modo il flusso informativo.

L'implementazione del sistema progettato avverrà invece successivamente alla conclusione di questa tesi.

Sviluppi futuri

Il sistema progettato è finalizzato, per ora, all'analisi del flusso di informazioni che si genera dalla fase di assemblaggio fino a quella di collaudo. Tramite altri strumenti presenti in Elettronica Santerno, si cura la gestione delle distinte base e tutta la documentazione verso i fornitori (ordini) e verso i clienti finali (fatture). Il passo successivo all'implementazione del sistema trattato in questa tesi consisterà quindi nell'integrarlo con gli altri strumenti informativi in modo da avere un'unica piattaforma gestionale, per semplificare il flusso di informazioni fra i vari reparti aziendali con tutti i conseguenti benefici.

Più volte, durante la progettazione del sistema, ci si è trovati di fronte a sviluppi molto interessanti sui quali ci si potrà impegnare, nell'immediato futuro. Di seguito le possibili integrazioni atte a rendere il sistema più affidabile ed efficiente:

- Sicuramente il progetto più ambizioso, ma anche quello che farebbe fare all'azienda un notevole salto di qualità, sarebbe quello di espandere il sistema di tracciabilità dei C.I.P. a tutta la gamma di prodotti di Elettronica Santerno. Quello che cambierebbe, sarebbero le informazioni contenute nei C.I.P., gli utenti abilitati e i terzisti da cui provengono le prime informazioni.
- Un'altro sviluppo di notevole interesse, sarebbe quello di dotare il sistema progettato di uno strumento atto a costruire reporting sui dati di un qualsiasi insieme di tabelle di un database. Accessibile via web (web-based), potrebbe fornire un ambiente in cui l'amministratore (concentrandosi sulla semantica dei dati) eseguirebbe dei report e otterrebbe informazioni come tabelle e grafici, non modificabili, fruibili direttamente dai manager aziendali.
- Applicare la tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*). In questo scenario su ogni prodotto verrebbe installato un trasponder contenente tutte

le informazioni del prodotto in questione; tali informazioni verrebbero automaticamente rilevate da un lettore qualora l'inverte entrasse in azienda. In questo modo, si eliminerebbe la fase di ricerca delle informazioni nel database, in quanto le informazioni viaggerebbero sempre allegate al prodotto, sarebbero sempre aggiornate in tempo reale e maggiormente dettagliate.

Appendice A

FTP

Il File Transfer Protocol (FTP) (protocollo di trasferimento file) è un protocollo per la trasmissione di dati tra *host* (ossia qualunque terminale collegato ad una rete); gli host possono essere di diverso tipo, ad esempio computer, palmari, dispositivi mobili. FTP è basato su TCP (*Transmission Control Protocol*), un protocollo di livello di trasporto della *suite* di protocolli Internet; su di esso si appoggiano gran parte delle applicazioni Internet.

Un server FTP offre svariate funzioni che permettono al client di interagire con i file presenti, tra cui:

- Download/upload di file;
- *Resume* di trasferimenti interrotti;
- Rimozione e rinomina di file;
- Creazione di *directory*;
- Navigazione tra *directory*.

FTP fornisce inoltre un sistema di autenticazione (in chiaro) degli accessi. Il client che si connette potrebbe dover fornire delle credenziali in funzione delle quali gli saranno assegnati determinati privilegi per poter operare. L'autenticazione cosiddetta "anonima" prevede che il client non specifichi nessuna password di accesso e che lo stesso abbia privilegi che sono tipicamente di "sola lettura".

In Elettronica Santerno si utilizza già da tempo *FileZilla Client* che è un software libero multiplatforma, che permette di trasferire file attraverso il protocollo FTP.

Le caratteristiche di questo strumento sono le seguenti:

- *Site manager*, permette all'utente di creare una lista di siti FTP e di selezionarne uno con un menu a tendina. Una volta selezionato il sito desiderato, il programma si conetterà al sito stesso permettendo l'upload o il download di file;
- *Message log*, contiene la lista di tutti i messaggi inviati ai server dal programma e le relative risposte;
- *File and folder view*, l'interfaccia grafica associata al motore di trasferimento dei file. Posto sotto il message log è composto da due finestre di egual grandezza; esso permette all'utente di fare il *drag and drop* ovvero di navigare tra le cartelle del sistema (parte sinistra) e trascinarle dall'altra parte (parte destra) allo scopo di trasferire i file selezionati sul server desiderato;
- *Transfer queue*, posto sulla parte inferiore della schermata, è formato da una luce rossa e una verde e indica la velocità di download o di upload.

La Figura A.1 riporta la schermata di avvio di FileZilla mentre in Figura A.5 è riportata la schermata durante un trasferimento di file.

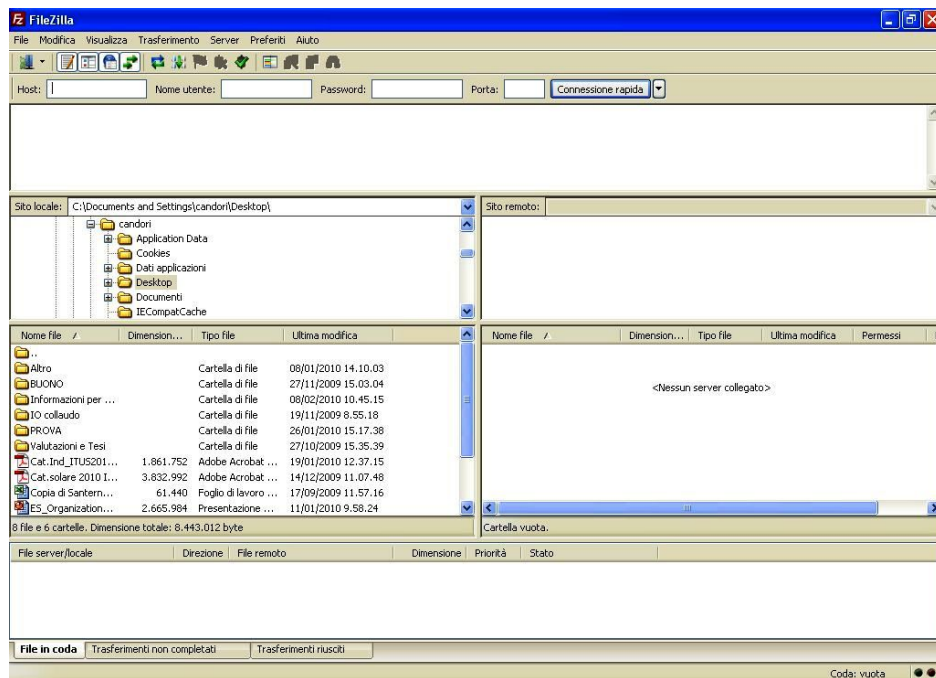


Figura A.1: FTP: Pagina iniziale

A.1 Implementazione del C.I.P. tramite FTP

Come già anticipato nel Capitolo 4.2 a pagina 31, anche per il C.I.P. si è deciso di utilizzare la tecnologia FTP. Da gennaio 2010 infatti verrà abolito il bollettino cartaceo ed entrerà in funzione il C.I.P. in versione informatizzata. Lo scambio dei C.I.P. si avrà quindi esclusivamente tramite FTP.

A tutti i terzisti sono infatti state fornite delle istruzioni operative sulla modalità di compilazione, sul salvataggio del file Word del C.I.P. e il suo successivo trasferimento nel server di Elettronica Santerno. Queste istruzioni sono riportate in Appendice A.A e pure loro sono reperibili dal terzista sul server di Elettronica Santerno, sempre tramite FTP. Ad ogni terzista sono state fornite username e password con le quali connettersi con FileZilla; in questo modo potranno accedere alle cartelle del server di Elettronica Santerno (a loro dedicate) dove caricare i C.I.P. compilati.

La Figura A.2 rappresenta la tipica schermata per il terzista: quest'ultimo, una volta terminate le operazioni di collaudo che gli spettano, dovrà caricare nella cartella a lui dedicata il C.I.P. in formato Word.

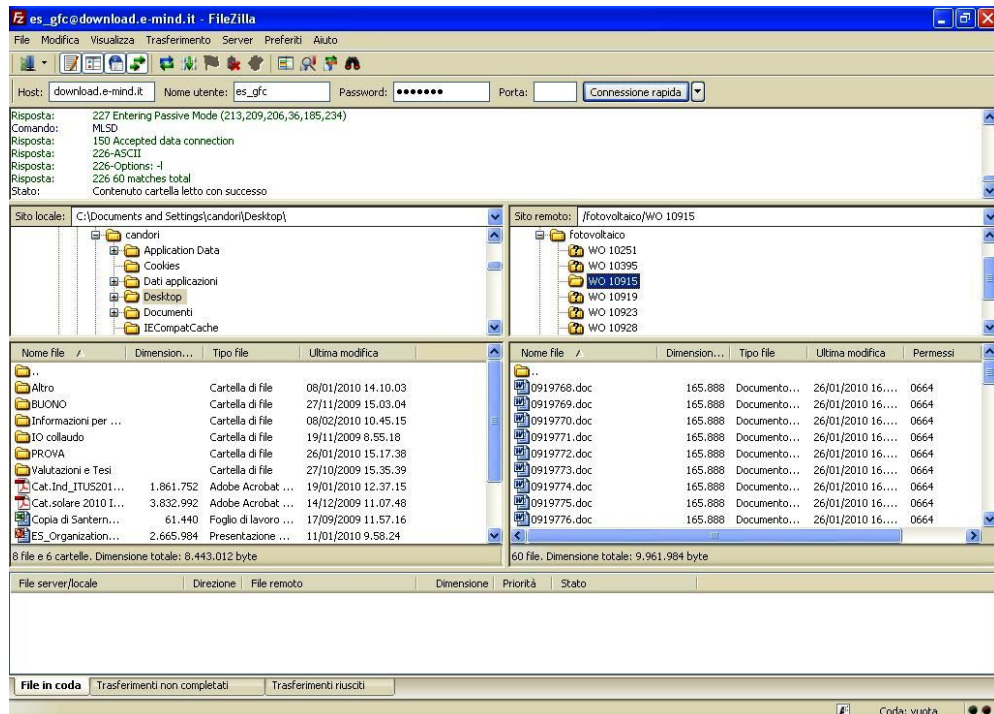


Figura A.2: FTP: Pagina di lavoro dell'azienda terzista

Il collaudatore di Elettronica Santerno ha le credenziali per accedere alla cartella dedicata agli operatori interni e a tutte le cartelle dei terzisti (vedi Figura A.3). In questo modo andrà ad individuare (nella cartella del fornitore) il C.I.P. relativo all'inverter che deve collaudare; dopo averne salvata una copia sul proprio terminale andrà ad effettuare le operazioni di collaudo e ne riporterà i risultati sul C.I.P. compilandolo nelle parti di sua competenza. Terminate queste operazioni dovrà convertire la copia del C.I.P. in formato pdf e lo caricherà nella cartella dedicata sul server di Elettronica Santerno (vedi Figura A.4). Per individuare i C.I.P. rapidamente, sia i terzisti che i collaudatori interni dovranno nominare il C.I.P. esclusivamente con il S/N dell'inverter cui fa riferimento.

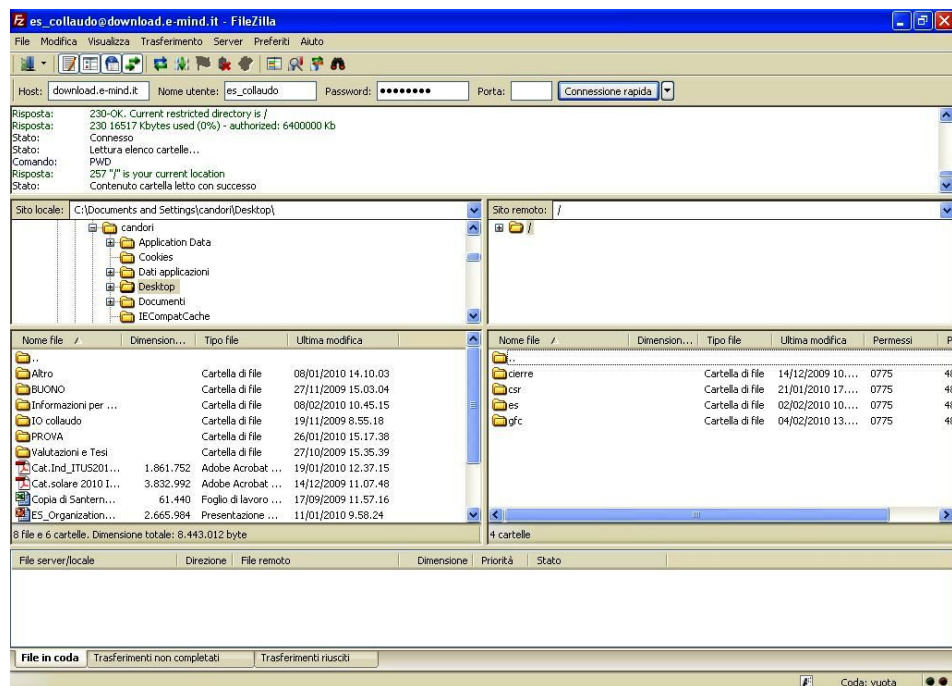


Figura A.3: FTP: Pagina iniziale di lavoro di Elettronica Santerno

Tramite questo strumento si sono risolti alcuni dei problemi evidenziati nei capitoli precedenti, fra cui la comprensione e completezza delle informazioni contenute nel C.I.P., lo spreco di carta e infine le difficoltà logistiche di archiviazione e recupero dei C.I.P. È importante sottolineare ancora una volta che questa è solo una soluzione provvisoria in attesa di implementare il sistema progettato in questa tesi.

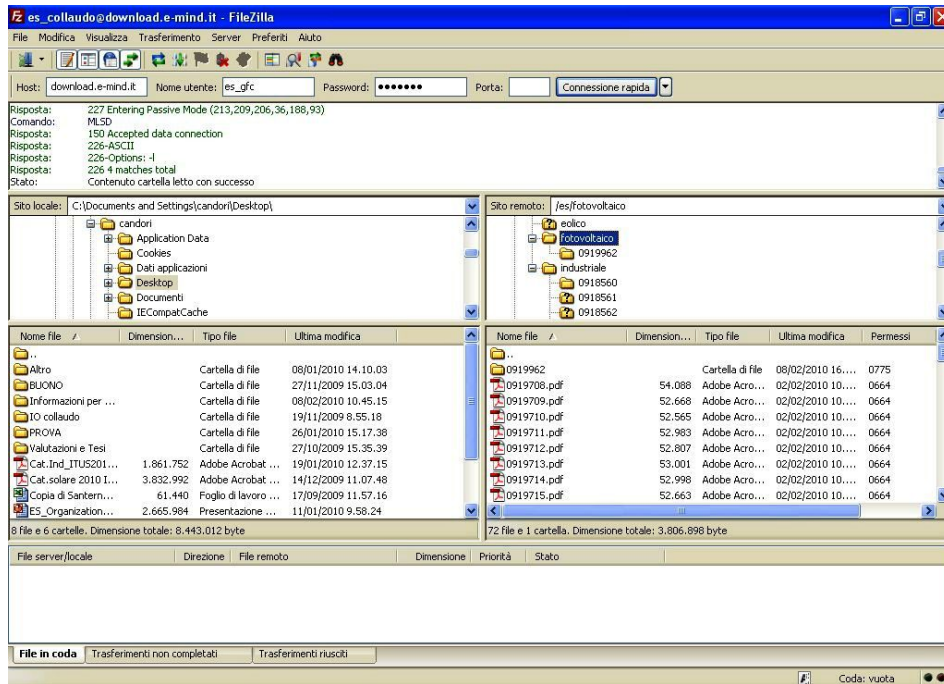


Figura A.4: FTP: Pagina di lavoro di Elettronica Santerno

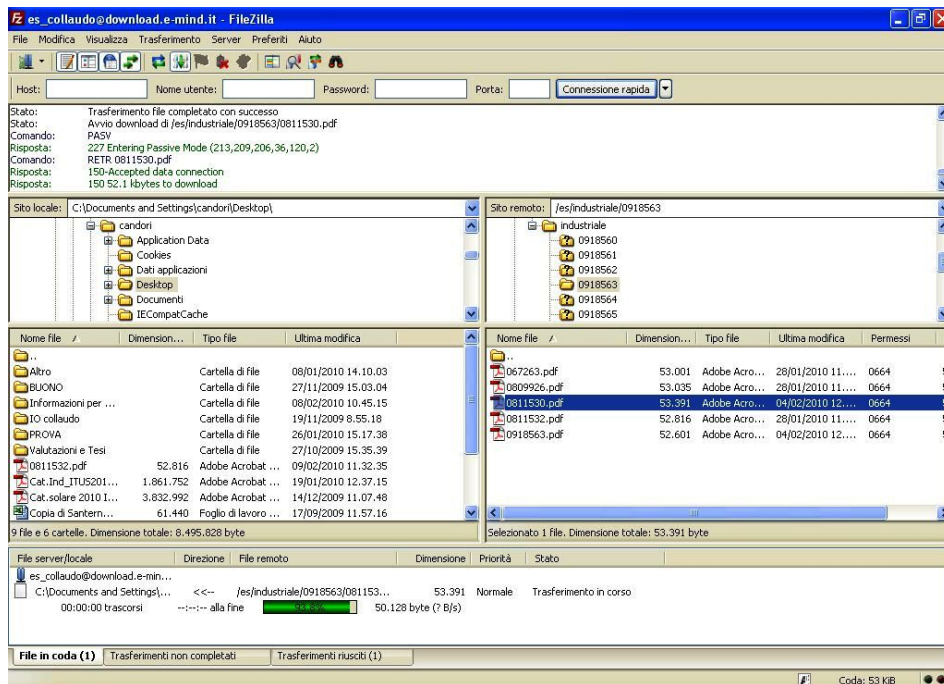


Figura A.5: FTP: Operazione di trasferimento file

Appendice A.A

| | | |
|---|--|----------------|
|  | Istruzione Operativa Step operativi | Rev. 00 |
|---|--|----------------|

Questa istruzione ha lo scopo di illustrare i passi operativi per la compilazione del C.I.P. (Certificato Identificazione Prodotto) dalla cartella comune.

Passo 1:


Salvare una copia del C.I.P. nel proprio computer. Per questa operazione fare riferimento al file "Procedura di Download C.I.P.".

Passo 2:

Compilare la copia del C.I.P. salvata in precedenza. Per questa operazione fare riferimento al file "Procedura di Compilazione C.I.P.".

Passo 3:

Salvare la copia compilata del C.I.P. nella cartella dedicata situata sul server di E.S. Per questa operazione fare riferimento al file "Procedura Upload C.I.P.".

| | | |
|---|---|----------------|
|  | Istruzione Operativa Compilazione C.I.P. | Rev. 00 |
|---|---|----------------|

Questa procedura ha lo scopo di illustrare come deve essere compilato il C.I.P. una volta che ne è stata salvata una copia.

Per semplicità di comprensione sarà indicato ogni quadrante con una numerazione progressiva, intendendo come quadrante l'area delimitata dal bordo nero (e recante in testa, esclusi i primi due, un titolo).

Inoltre in alcuni quadranti è richiesto di spuntare l'opzione. Questo in base se l'operazione è stata eseguita da Elettronica Santerno o dal Fornitore in questione.

1° Quadrante:


- S/N- rappresenta il codice seriale dell'inverter in questione. Inserire solo il valore numerico (molto importante perché assegnerà il nome al C.I.P.).
- Configurazione di vendita- rappresenta il codice commerciale dell'inverter.


2° Quadrante:

- Ordine di produzione- inserire il codice indicante l'ordine di produzione dell'inverter relativo a questo C.I.P.
- Subfornitore- inserire il nome dell'azienda in questione.

3° Quadrante:

Questo campo non deve essere compilato in quanto è di pertinenza di Elettronica Santerno.

| | | | | | |
|---|--|------------------------------------|------------------------------|--|--|
|  | C.I.P. SINUS P-F 218-259 S42 6T | | | | |
| S/N | | Codice Part Number | ZZ0124060 | Configurazione di vendita Customer requirements | |
| Ordine di produzione / Production order | | | Sub-fornitore / Sub-supplier | | |
| RISERVATO AD ELETTRONICA SANTERNO / RESERVED TO ELETTRONICA SANTERNO | | | | | |
| Cliente / Customer | | Data di spedizione / Shipment date | | Ordine del cliente / Customer order | |
| | | | | | |

| | | |
|---|---|----------------|
|  | Istruzione Operativa Compilazione C.I.P. | Rev. 00 |
|---|---|----------------|

4° Quadrante:

Nella parte di sinistra, di fianco al nome generico di ogni componente, inserire il tipo e/o nome specifico del componente.

Nella parte destra inserire per ogni componente installato il lotto di provenienza.


5° Quadrante:

Diviso in due sottoaree:

-Prima area- riguardante la scheda di comando. La prima riga serve per indicare la versione software con la quale la scheda comando è arrivata. Le successive due righe sono dedicate: la seconda al Fornitore, la terza a Elettronica Santerno e servono per tracciare eventuali aggiornamenti apportati sulla scheda comando.

-Seconda area- riguardante la scheda di pilotaggio (qualora il pilotaggio avesse un μP con SW). La prima riga serve per indicare la versione software con la quale la scheda pilotaggio è arrivata. Le successive due righe sono dedicate: la seconda al Fornitore, la terza a Elettronica Santerno e servono per tracciare eventuali aggiornamenti apportati sulla scheda pilotaggio.

| COMPONENTI TRACCIATI / COMPONENTS TRACING | | | |
|---|--------------------------|--|--|
| Filter capacitors: | | Lotto produttore / Building lot: | |
| Fly-back transformer: | | Lotto produttore / Building lot: | |
| IGBT: | | Lotto produttore / Building lot: | |
| Diode: | | Lotto produttore / Building lot: | |
| Altri / Others: | | | |
| SOFTWARE | | | |
| Prima versione SW caricata su scheda di comando / First SW version installed on the control board | | | |
| SUPPLIER | <input type="checkbox"/> | Versione SW scheda di comando / SW version control board | |
| E.S. | <input type="checkbox"/> | Versione SW scheda di comando / SW version control board | |
| Prima versione SW caricata su scheda di pilotaggio / First SW version installed on the firing board | | | |
| SUPPLIER | <input type="checkbox"/> | Versione SW pilotaggio / SW version firing board | |
| E.S. | <input type="checkbox"/> | Versione SW pilotaggio / SW version firing board | |

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | <p align="center">Istruzione Operativa Compilazione C.I.P.</p> | <p align="center">Rev. 00</p> |
|---|--|-------------------------------|

6° Quadrante:

Questo campo è compilato automaticamente per quanto riguarda le schede montate. Per ogni scheda bisogna però indicare la relativa revisione e il lotto di produzione e serve come verifica dei componenti montati.

| SCHEDE / BOARDS | | | | | |
|---------------------|---------------|----|------|--|-------------|
| | codice / code | n. | | | |
| ES821 control board | ZZ0101240 | 1 | Rev. | | Lotto / Lot |
| ES815 keypad | ZZ0101660 | 1 | Rev. | | Lotto / Lot |
| ES891 driver board | ZZ0121654 | 1 | Rev. | | Lotto / Lot |
| ES892 filter board | ZZ0121672 | 1 | Rev. | | Lotto / Lot |
| ES882 IGBT Sx board | ZZ0121688 | 1 | Rev. | | Lotto / Lot |
| ES882 IGBT Dx board | ZZ0121689 | 1 | Rev. | | Lotto / Lot |
| ES826 serial board | ZZ0124310 | 1 | Rev. | | Lotto / Lot |
| ES915 fan board | ZZ0121720 | 2 | Rev. | | Lotto / Lot |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

7° Quadrante:

In questo campo è richiesto di inserire la strumentazione indicata dall'istruzione operativa, che compare in automatico, per eseguire correttamente le prove funzionali.

| STRUMENTAZIONE / INSTRUMENTS | | | |
|-------------------------------|--|---------------------------|---------------|
| In accordo con / According to | | IS0801039 | rev 2 |
| n. | NOME / NAME | DESCRIZIONE / DESCRIPTION | CODICE / CODE |
| 1 | Multimetro / Multimeter | | |
| 1 | Pinza amperometrica / Current probe | | |
| 1 | Generatore di corrente AC / AC generator | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | |
|---|---|----------------|
|  | Istruzione Operativa Compilazione C.I.P. | Rev. 00 |
|---|---|----------------|

8° Quadrante:

In questo quadrante sono presenti le prove funzionali da eseguire. Per ogni prova, tramite il check, bisogna indicare se è stata eseguita da Elettronica Santerno o dal Fornitore. L'ordine delle prove funzionali rispetta la sequenza delle prove descritte nell'istruzione operativa la quale compare come campo automatico.

9° Quadrante:

Area dedicata ad inserire notazioni riscontrate dopo l'effettuazione delle prove funzionali.

| PROVE FUNZIONALI / FUNCTIONAL TEST | | |
|--|--------------------------|--|
| In accordo con / According to IS0801024 rev 5 | | |
| SUPPLIER | E.S. | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Operazioni preliminari / Preliminary actions |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Prova di isolamento / Dielectric test |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Impedenza di protezione / Protective impedance |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Collegamento equipotenziale / Protective Bonding |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Alimentazione e verifiche preliminari / Preliminary inspections and power supply check |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Prova a carico ridotto / Motor load test (low power) |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Test di cortocircuito / Short circuit protection |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Burn-in (40°C 100 ore / hours) Note / Remarks : _____ |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Prova a pieno carico / Motor load test (full power) |
| COMPILARE SOLO PER SERIE SINUS PENTA / FILL IN FOR SINUS PENTA SERIES ONLY | | |
| Algoritmo controllo motore / Motor control algorithm | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | FOC (Field Oriented Control) |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | VTC (Vector Torque Control) |
| Note / Remarks: _____ | | |

| | | |
|---|---|----------------|
|  | Istruzione Operativa Compilazione C.I.P. | Rev. 00 |
|---|---|----------------|

10° Quadrante:

In quest'area è richiesto di inserire la firma dell'operatore che ha effettuato le prove funzionali e la data in cui sono state eseguite. È previsto un doppio campo per distinguere se l'operatore è di Elettronica Santerno o del Fornitore. Se il C.I.P. è compilato in formato digitale è sufficiente inserire il nome dell'operatore, senza firma.

11° Quadrante:


È sempre presente la doppia firma per distinguere la provenienza dell'operatore che ha compiuto l'ispezione e l'assemblaggio finale prima di dichiarare conforme l'inverter. Se il C.I.P. è compilato in formato digitale è sufficiente inserire il nome dell'operatore, senza firma.

| ESECUZIONE PROVE FUNZIONALI / FUNCTIONAL TESTS | | | | |
|--|--|--|-------------|--|
| SUPPLIER | Firma / Signature | | Data / Date | |
| E.S. | Firma / Signature | | Data / Date | |
| VERIFICHE FINALI / FINAL TESTS | | | | |
| <input type="checkbox"/> | Ispezione visiva & Assemblaggio finale / Visual inspection & final assembly | | | |
| SUPPLIER | Firma / Signature | | Data / Date | |
| E.S. | Firma / Signature | | Data / Date | |

SOLO PER FOTOVOLTAICO

Dopo il 6° quadrante, esclusivamente per inverter fotovoltaici, è presente un'area dedicata alle opzioni che verranno installate sull'apparecchiatura sottoposta al collaudo. È sempre previsto il doppio campo per indicare la provenienza dell'operatore. Porre particolare attenzione per il campo dedicato all'**ES851** e alle informazioni richieste.

| OPZIONI INSTALLATE / OPTIONS INSTALLED | | | | | | |
|--|--------------------------|--|-----------|------------------------------|------------|---------------|
| SUPPLIER | E.S. | | | | | codice / code |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Earthed: Positive Earth | | | | ZZ0069740 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Earthed: Negative Earth | | | | ZZ0069741 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Kit Alimentazione Ausiliaria ES893 / Auxiliary Power Supply Kit for ES893 | | | | ZZ0069790 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Sensore ambientale ES847 / ES847 Environmental Sensor | | | | ZZ0101810 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ES851 SW: | MAC ADDR: | <input type="checkbox"/> KIT | ZZ00696_ _ | ZZ00698_ _ |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2° Campo Fotovoltaico / 2nd Photovoltaic Field | ES872 | Rev. | | ZZ0069770 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Connettori MULTICONTACT / MULTICONTACT Connectors | | | | ZZ0069613 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Connettori MULTICONTACT per 2° campo PV / MULTICONTACT Connectors for 2nd PV Field | | | | ZZ0069637 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Altro / Others | | | | |

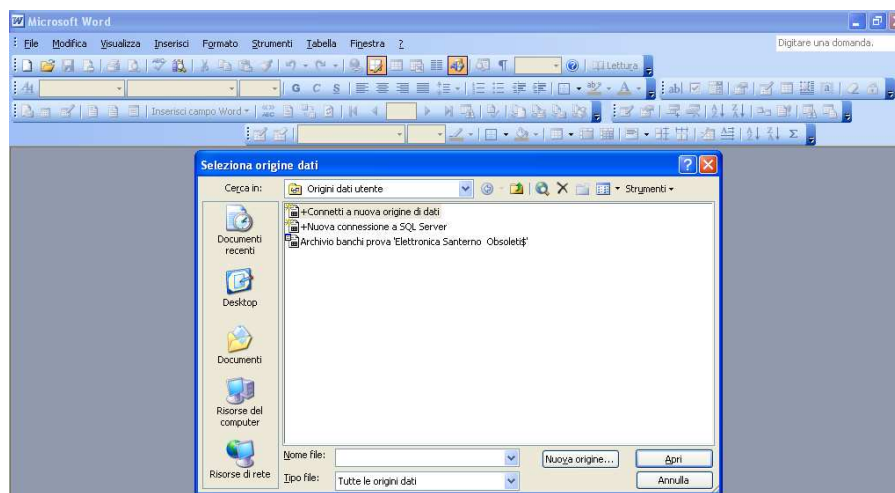
| | | |
|---|---|----------------|
|  | Istruzione Operativa Download C.I.P. | Rev. 00 |
|---|---|----------------|

Questa procedura ha lo scopo di illustrare come deve essere salvato sul proprio PC una copia del C.I.P. prima di essere compilato.

Per salvare una copia del C.I.P. sia di tipo K-Penta, sia di tipo MXR-MLUS è necessario seguire i seguenti step.


STEP 1

Aprendo il C.I.P. in formato Word sarà richiesto di indicare da quale sorgente si vogliono leggere le informazioni fornite da Elettronica Santerno. Sarà perciò necessario indicare l'origine dati selezionando il file Excel denominato "K-Penta" o "MXR-MPLUS" a seconda di che inverter si voglia collaudare.



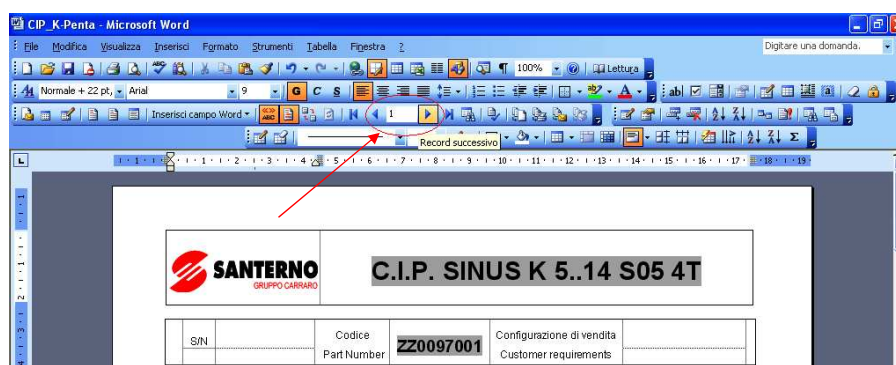
STEP 2

Dalla barra di controllo in alto aprire il menù a tendina della funzione "Visualizza". Aprire quindi "Barre degli strumenti" e selezionare, qualora non lo fosse, l'opzione "Stampa unione".

| | | |
|---|---|----------------|
|  | Istruzione Operativa Download C.I.P. | Rev. 00 |
|---|---|----------------|

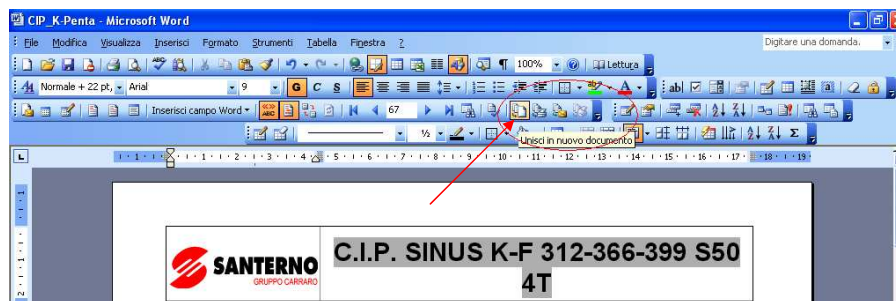
STEP 3

Tramite la funzione “Record successivo” scorrere il database fino a che non compare nell’area a fianco al logo Santerno la tipologia e la taglia dell’inverter ricercato. È ovviamente possibile usare la funzione “Record precedente” qualora ci si accorgesse di aver già superato il C.I.P dell’apparecchiatura cercata.




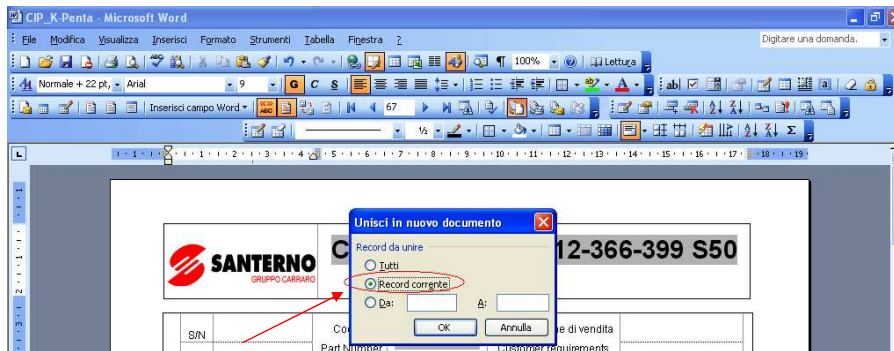
STEP 4

Usando la funzione “Unisci in nuovo documento”



Comparirà la seguente schermata:

| | | |
|---|---|----------------|
|  | Istruzione Operativa Download C.I.P. | Rev. 00 |
|---|---|----------------|



Scegliere l'opzione "Record corrente".

Sarà quindi creato un documento Word del record corrispondente al C.I.P. dell'apparecchiatura sottoposta al collaudo. Quindi eseguire "File" dalla barra di controllo in alto e scegliere "Salva con nome" scegliendo come destinazione la cartella sul PC dedicata ai C.I.P. e come nome del file usare il "S/N" dell'apparecchiatura stessa.

Notare che viene così disabilitata la barra degli strumenti "Stampa unione".


STEP 5

Se si dovesse ripetere, per qualsiasi motivo, il salvataggio dello stesso C.I.P. il nome dovrà essere "S/N_revx" dove x = **numero della versione del C.I.P.** con la numerazione progressiva partente da 1.

STEP 6


Se si avesse necessità di cambiare tipologia di inverter, e passare quindi dal database del Sinus K a quello del Sinus Penta o a quelli Modulari o viceversa bisognerà scegliere "Apri origine dati" e indicare nuovamente il file Excel di destinazione (e più precisamente il foglio di lavoro) dal quale si vogliono leggere le informazioni.



| | | |
|---|---|--|
|  | <p style="text-align: center;">Istruzione Operativa Download C.I.P.</p> | <p style="text-align: center;">Rev. 00</p> |
|---|---|--|

IMPORTANTE

Elettronica Santerno ritiene corretta solo la procedura indicata. Per questo motivo sarà cura dell'operatore che esegue il collaudo dell'apparecchiatura portare a termine queste operazioni in sequenza per scaricare correttamente ogni singolo C.I.P. necessario.

| | | |
|---|---|----------------|
|  | Istruzione Operativa Upload C.I.P. | Rev. 00 |
|---|---|----------------|

Questa procedura ha lo scopo di illustrare come deve essere salvato il C.I.P. una volta che è stato compilato.

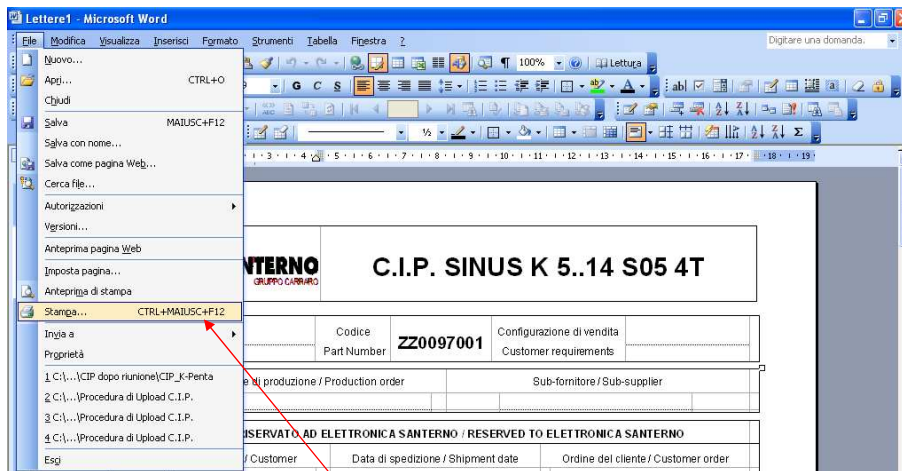
Se il C.I.P. è stato redatto in tutte le sue parti dal Fornitore, è necessario salvare il file Word in formato PDF e denominarlo col Serial Number ossia: "S/N.PDF" . Qualora non si disponesse del programma "PDF Creator" di seguito è fornito un link esterno dal quale sarà possibile scaricare gratuitamente il programma (è un programma free).


<http://pdfcreator.softonic.it/>

Per salvare quindi una copia in questo formato si suggerisce di seguire i seguenti step.

STEP 1

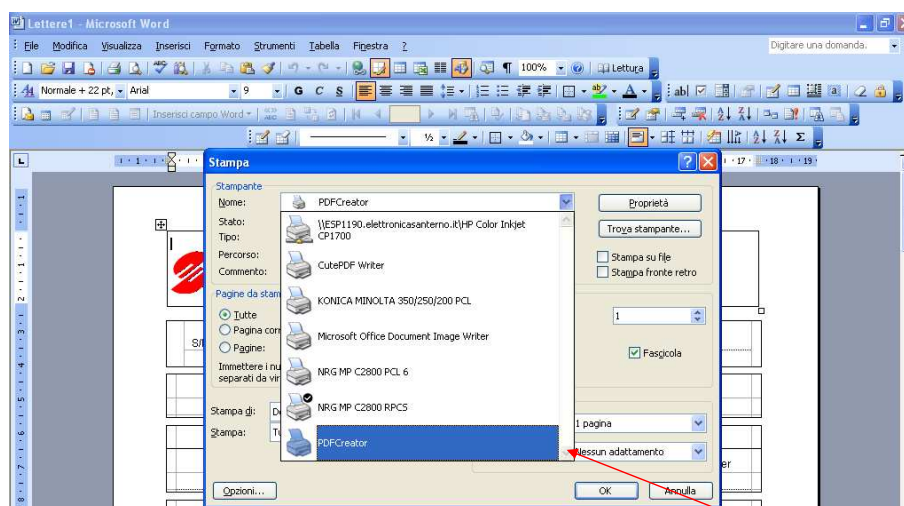
Dalla barra di controllo in alto aprire il menù a tendina della funzione "File". Selezionare quindi la funzione "Stampa".




| | | |
|---|--|-----------------------|
|  | <p>Istruzione Operativa</p> <p>Upload C.I.P.</p> | <p>Rev. 00</p> |
|---|--|-----------------------|

STEP 2

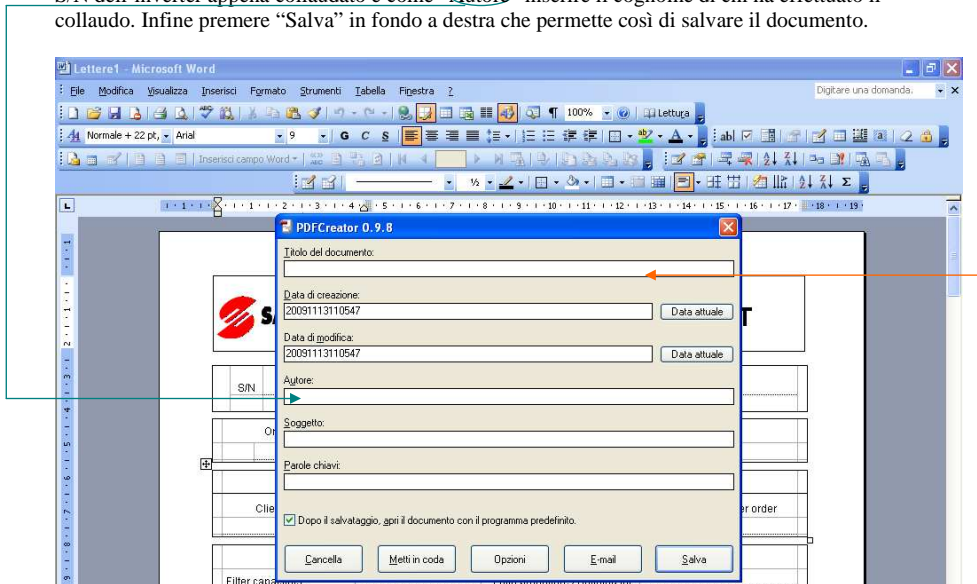
Dalla finestra di stampa scorrere il menù a tendina delle stampanti disponibili e selezionare “PDF creator”.



| | | |
|---|---|----------------|
|  | Istruzione Operativa Upload C.I.P. | Rev. 00 |
|---|---|----------------|

STEP 3

Si aprirà quindi la seguente finestra. Come **"Titolo del documento"** inserire quindi il S/N dell'inverter appena collaudato e come **"Autore"** inserire il cognome di chi ha effettuato il collaudo. Infine premere "Salva" in fondo a destra che permette così di salvare il documento.

**STEP 4**

Una copia del seguente file PDF dovrà infine essere salvata nella cartella dedicata al Fornitore.

IMPORTANTE

Qualora il C.I.P non venga compilato in tutte le sue parti, sarà necessario salvare una copia del C.I.P. nella cartella dedicata al Fornitore in formato "Documento di Word 97-2003" per permettere così all'operatore di Elettronica Santerno di terminare la compilazione del C.I.P. in sede.

Si consiglia al Fornitore di eseguire sempre una copia di backup dei C.I.P. che sono stati compilati e caricati sul server per aver sempre una propria memoria storica dei collaudi.

Appendice B

ABC dell'inverter

Introduzione

Il progetto a cui è collegato questo laboratorio è stata sviluppata in Elettronica Santerno, azienda del territorio imolese le cui attività riguardano la “Progettazione, la fabbricazione e l’assistenza di convertitori statici di potenza (inverter), delle relative piattaforme digitali di controllo e degli apparati elettromeccanici connessi”. In questo contesto il mio lavoro di Tesi cerca di rispondere alla necessità di tenere traccia completa dei componenti (e delle relative informazioni ad essi collegate) che vanno a formare l’assemblato finale ossia l’inverter consegnato al cliente.

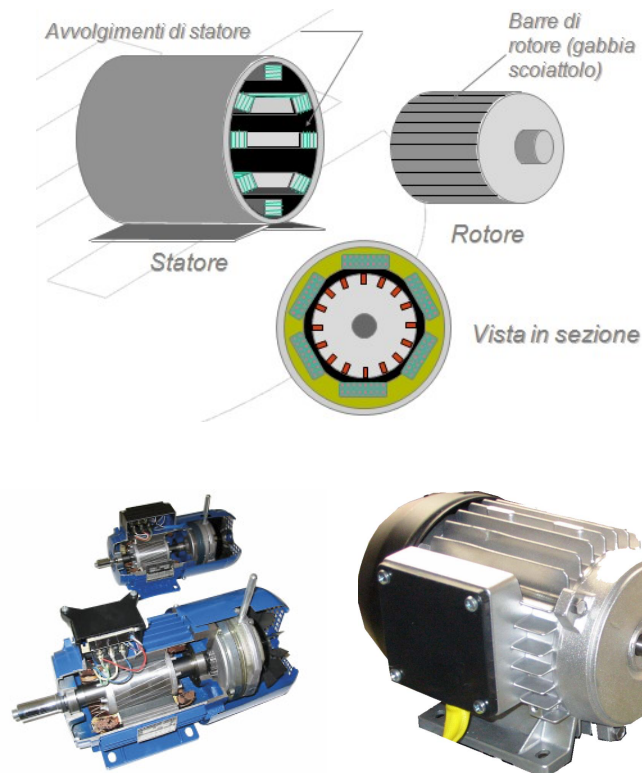
Per poter far questo è necessario avere conoscenza, almeno a livello generale, del funzionamento di un inverter industriale e dei suoi componenti. Sarà poi fondamentale discernere le informazioni che provengono dai componenti critici installati, da quelle dei componenti non critici, allo scopo di creare un report finale che focalizzi solo i parametri utili per un immediata e corretta lettura dello stato del prodotto in questione.

Per questo motivo il mio laboratorio andrà a studiare la teoria che è dietro il funzionamento di questi inverter. In seguito andrò ad analizzare le prove di collaudo che vengono effettuate una volta ottenuto l’assemblato finale e che sono ritenute necessarie per certificare e dare un’elevata qualità e affidabilità al prodotto immesso sul mercato di Elettronica Santerno.

La mia Tesi è stata sviluppata negli stabilimenti di Elettronica Santerno e per questo farò riferimento specifico alla metodologia e simbologia utilizzata nei reparti di progettazione e produzione aziendali. Allo stesso modo prenderò in considera-

zione le prove funzionali ritenute necessarie per collaudare e certificare l'inverter secondo le normative CEI EN e UL (quest'ultima necessaria per il mercato Statunitense e Canadese).

B.1 Il motore asincrono trifase



Il motore asincrono trifase è una macchina elettrica molto semplice e robusta, che basa il suo funzionamento sul campo magnetico rotante generato all'interno del motore stesso, dagli avvolgimenti di statore. Il rotore a gabbia di scoiattolo, composto da conduttori in corto circuito, si trova immerso nel campo magnetico rotante, il quale, tagliando i conduttori, produce in essi passaggio di corrente.

La corrente che fluisce nel rotore genera a sua volta un campo magnetico che tende ad "inseguire" il campo magnetico rotante, generando la coppia necessaria a muovere il rotore.

Semplificando molto, si può dire che, dal punto di vista elettrico, il motore si comporta in maniera analoga ad un trasformatore con secondario in corto circuito (conduttori del rotore), nel quale però l'induzione magnetica non è generata dall'alternanza delle semionde positiva e negativa ma dalla differenza di velocità tra

il campo magnetico rotante ed il rotore.

Da questa considerazione derivano tutte le caratteristiche di funzionamento del motore e le conseguenti tecniche di avviamento e controllo.

La velocità del motore asincrono trifase dipende direttamente dalla frequenza della tensione di alimentazione, in quanto è questa che genera il campo magnetico rotante al quale il rotore tende ad “agganciarsi”. La velocità di rotazione del campo magnetico dipende inoltre da quante coppie di poli (p) vengono realizzate nello statore:

$$N_0 = 60f/p \quad (\text{giri/min})$$

In un motore con una sola coppia di poli (comunemente “motore a 2 poli”), la velocità teorica di rotazione è pertanto di 3000 giri al minuto. La velocità di rotazione del campo magnetico viene anche detta “velocità di sincronismo”. Questa velocità non può mai essere raggiunta dal rotore, poichè in condizioni di sincronismo, la velocità relativa che genera induzione si azzererebbe e verrebbe a mancare la coppia che produce la rotazione. La velocità del rotore si assesta pertanto ad un valore inferiore alla velocità di sincronismo, dove la coppia generata compensa la coppia resistente all’albero.

La differenza tra velocità di sincronismo e velocità reale viene detta “scorrimento” e varia in funzione della coppia resistente. A seconda delle caratteristiche costruttive, lo scorrimento a coppia nominale può variare dal 3 al 10% (o anche più, per applicazioni particolari).

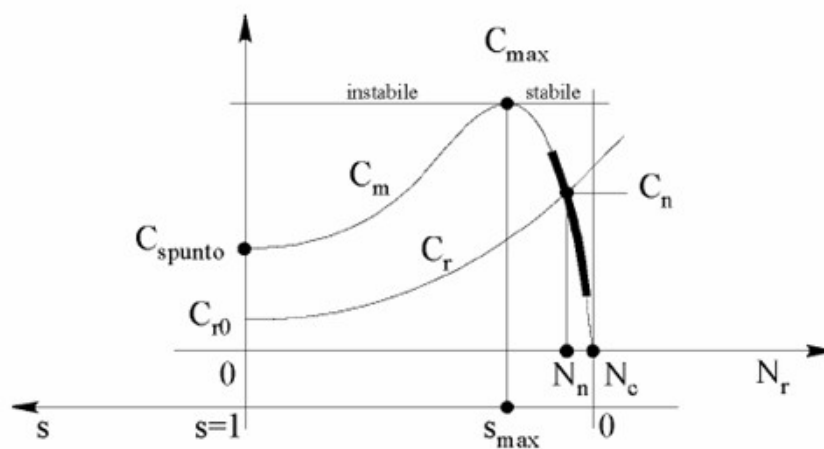
La corrente assorbita dal motore è massima a rotore fermo (scorrimento massimo), in quanto il campo rotante attraversa i conduttori di rotore alla massima velocità, mentre è teoricamente = 0 alla velocità di sincronismo, dove la velocità relativa si annulla.

La coppia sviluppata dal motore asincrono è generata dall’interazione tra il campo rotante di statore ed il campo generato dal passaggio di corrente nel rotore. Per questo motivo, la coppia è proporzionale al flusso magnetico generato dallo statore e quindi al rapporto tensione / frequenza della tensione di alimentazione:

$$\Phi \sim \frac{V}{f}$$

La direzione di marcia del motore asincrono, essendo legata al campo magnetico rotante, può essere cambiata invertendo tra loro due delle tre fasi di alimentazione.

La curva di coppia del motore asincrono alimentato a frequenza e tensione fissa:



Caratteristica meccanica del motore asincrono in funzione dello scorrimento "s" e della velocità di rotazione "N_r".

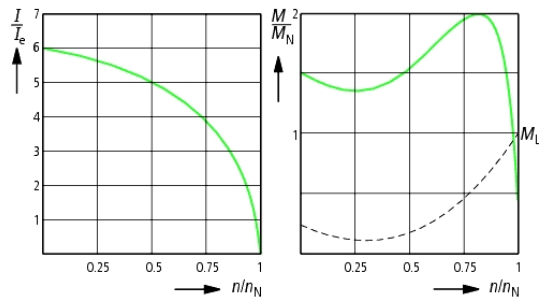
B.1.1 Avviamento Diretto

È il metodo di avviamento più semplice ed utilizzato per motori di piccola taglia (in genere $\leq 7,5$ kW).

Il motore viene inserito direttamente sulla rete a tensione e frequenza nominali. La coppia fornita dal motore percorre tutta la curva in pochi istanti, fino a trovare il punto di equilibrio nel tratto "stabile" della curva stessa.

Gli svantaggi di questo metodo sono la corrente all'inserzione, che può raggiungere valori da 6 a 10 volte la corrente nominale e il brusco avviamento che può pregiudicare la durata meccanica dei macchinari azionati e produrre difetti nel prodotto trattato.

Chiaramente non è possibile regolare la velocità del motore, che è legata alla frequenza di rete ed al numero di poli del motore.



Corrente assorbita Curva di coppia

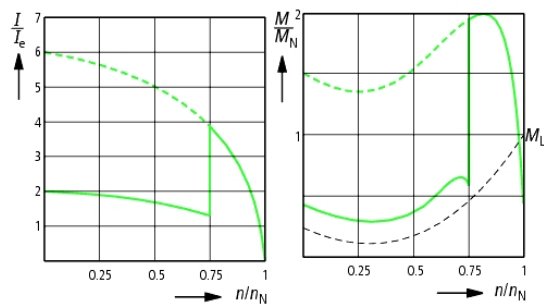
B.1.2 Avviamento a Tensione Ridotta

Un avviamento a tensione ridotta permette di limitare la corrente assorbita allo spunto. Riducendo la tensione (a parità di frequenza), si riduce anche il flusso nel motore e quindi la coppia erogata: questo si traduce in un avviamento più dolce, anche se ci può essere il rischio di non riuscire ad avviare il motore quando la coppia resistente è alta già a bassi giri (carichi a coppia costante).

B.1.3 Avviamento Stella/Triangolo

In questo modo il flusso generato nel motore viene ridotto in fase di avviamento, di un fattore 1,73. Dopo un tempo preimpostato, gli avvolgimenti vengono commutati a triangolo e il motore si trova a lavorare in condizioni nominali.

L'andamento dell'accelerazione, come per tutti gli avviamenti a tensione ridotta, è fortemente influenzata dal carico, pertanto questo sistema è adatto per applicazioni con caratteristiche di carico costanti.

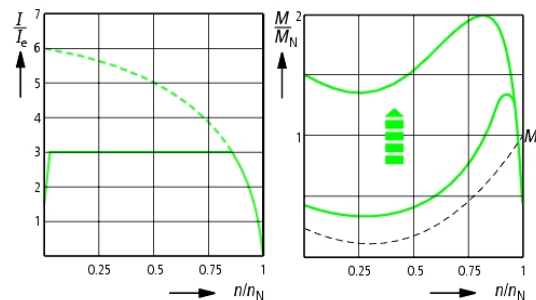


Corrente assorbita Curva di coppia

B.1.4 Avviamento con Soft Starter

Il *soft starter* è un'apparecchiatura elettronica che permette di variare la tensione applicata al motore da 0 al 100% secondo una curva impostabile in maniera più o meno sofisticata. La variazione della tensione è ottenuta parzializzando le semionde di rete. Esistono soft starter che realizzano una semplice rampa di tensione e altri che invece permettono un controllo della corrente assorbita dal motore. È sempre prevista invece un'impostazione del livello minimo di tensione che viene applicata al momento dell'avvio, per mettere in coppia il motore ed eliminare i tempi morti. Alcuni soft starter permettono inoltre una riduzione graduale della tensione (soft stop) per evitare l'arresto brusco del motore in applicazioni come le pompe di sollevamento (colpo di ariete).

Con il soft starter la curva di coppia assume valori crescenti con continuità dal minimo impostato fino al 100%, eliminando picchi di corrente e stress meccanici. Esistono infine versioni particolari che permettono anche l'inversione statica del senso di marcia.

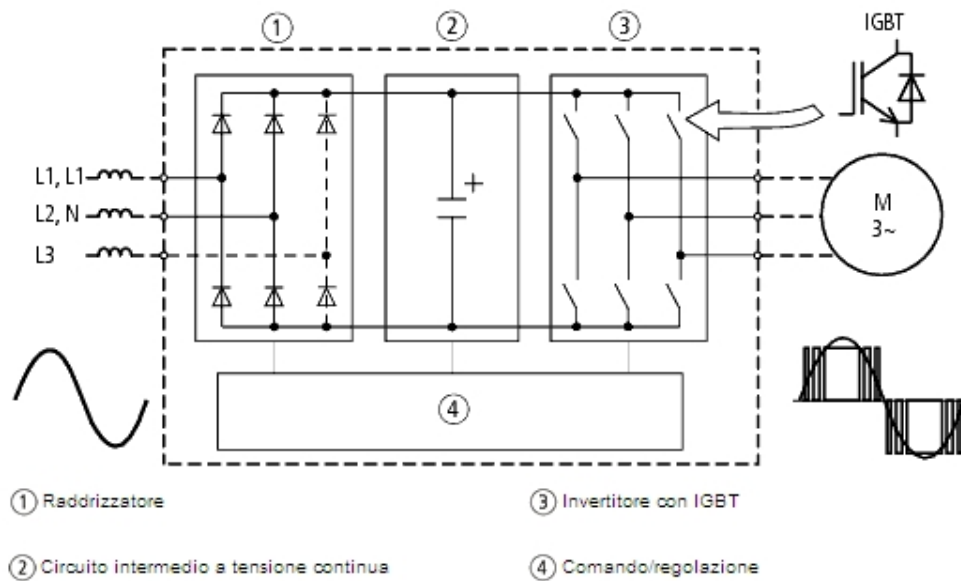


Corrente assorbita Curva di coppia

B.2 L'inverter a frequenza variabile

Il termine "inverter" si applica genericamente a qualsiasi apparecchiatura in grado di convertire una tensione continua in una tensione alternata.

Nell'automazione industriale il termine viene più spesso associato ad una apparecchiatura che, partendo da una tensione di alimentazione alternata monofase o trifase, genera una tensione trifase di frequenza e ampiezza variabili per il pilotaggio dei motori asincroni. Di questa apparecchiatura, l'inverter vero e proprio è solo la sezione finale (sez. 3 in figura seguente).



Ogni inverter a frequenza variabile è costituito da:

- Un raddrizzatore di ingresso (monofase o trifase a seconda del modello), che raddrizza la tensione di rete e la trasforma in tensione continua.
- Una sezione intermedia in corrente continua, costituita essenzialmente da condensatori di filtro.
- Una sezione inverter trifase di uscita, che realizza la conversione DC/AC per pilotare il motore.
- Un circuito di comando, controllo e interfaccia con il mondo esterno.

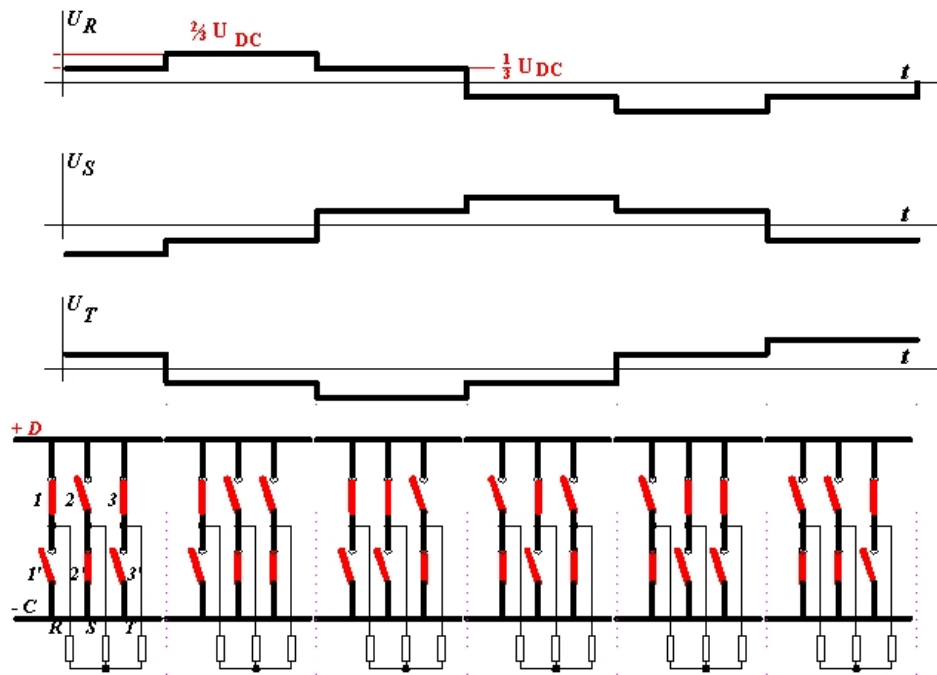
Se si considera che l'obiettivo è quello di riprodurre una tensione trifase di frequenza e ampiezza variabili, il più possibile somigliante ad una sinusoide, si comprende come gli sforzi di ricerca e sviluppo si siano rivolti negli anni alla sezione "inverter", che ha avuto infatti evoluzioni continue.

Siccome le correnti in gioco sono importanti, la modulazione con sistemi lineari non può essere presa in considerazione, a causa del rendimento inaccettabile.

Si tratta pertanto di utilizzare dispositivi in commutazione ON/OFF che si comportano come interruttori tra la sezione in DC ed il motore.

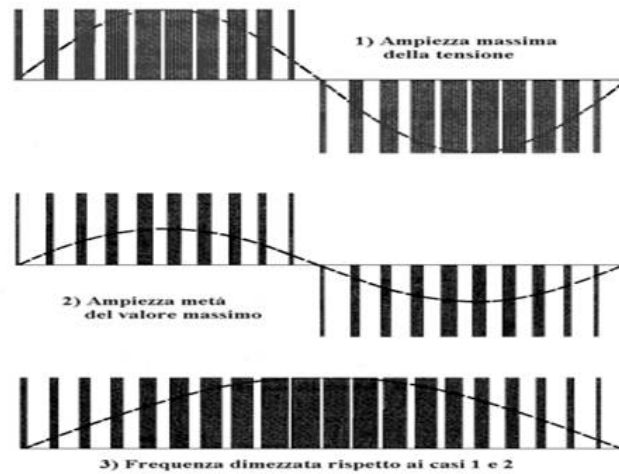
I primi inverter a frequenza variabile, non avendo a disposizione i moderni e velocissimi transistor IGBT, erano realizzati con Thyristor o Transistor bipolari che

commutavano alla frequenza desiderata in uscita, generando una forma d'onda alternata detta "a sei gradini". La variazione in ampiezza della tensione di uscita era ottenuta con raddrizzatori a Thyristor, che fornivano una tensione variabile al circuito intermedio in DC.



I transistor IGBT (vedi foto sotto), che permettono commutazioni velocissime con perdite ridotte, hanno consentito lo sviluppo della tecnologia a modulazione PWM. Con questo tipo di controllo il bus DC viene mantenuto a tensione costante e la variazione in ampiezza della tensione di uscita si ottiene modulando ciascuna semionda con un profilo sinusoidale.





La forma d'onda di uscita si presenta come una serie di aree rettangolari di altezza pari al valore del bus DC e larghezza variabile, il cui valor medio riproduce l'andamento sinusoidale. La frequenza di modulazione (normalmente da 3 a 16kHz), determina da un lato la rumorosità del motore comandato (frequenza alta = motore più silenzioso), dall'altro la quantità di disturbi irradiati e la potenza dissipata dall'inverter, che aumentano con la frequenza.

In quasi tutti gli inverter il valore della frequenza di modulazione è impostabile e nelle normali applicazioni industriali si mantiene al livello più basso, che consente comunque una rumorosità più che accettabile.

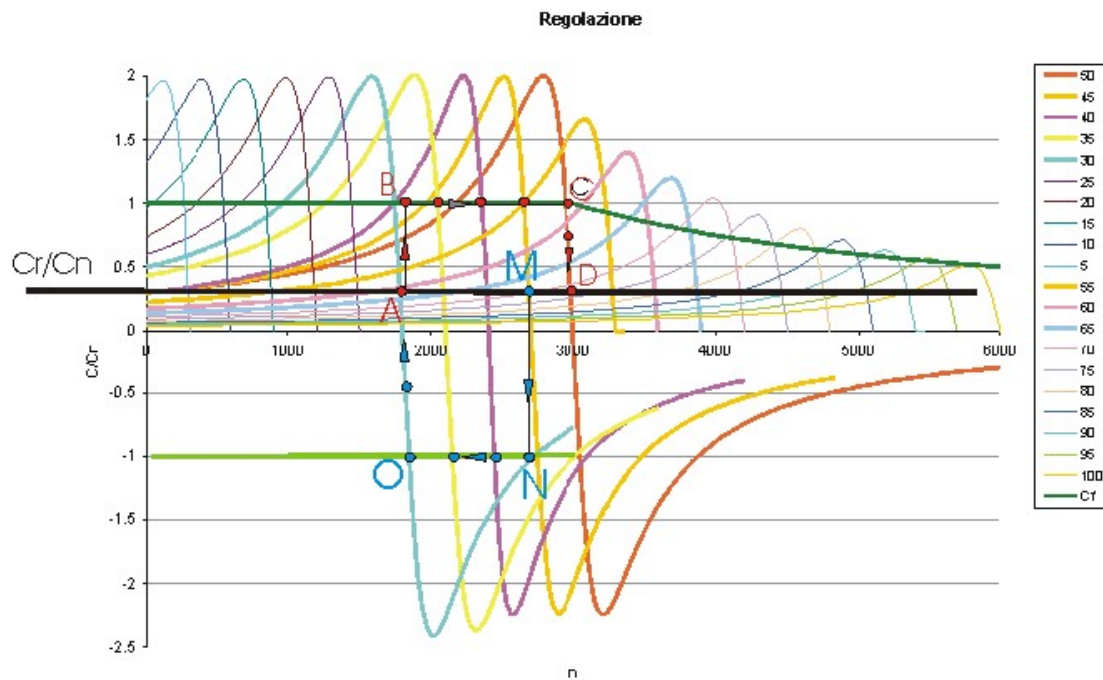
B.2.1 Controllo con Inverter a Frequenza Variabile

I moderni inverter a frequenza variabile rendono disponibili funzioni molto sofisticate, che consentono di pilotare il motore asincrono in maniera ottimale, eliminando tutti quelli che fino a qualche anno fa erano i punti deboli di questo controllo.

I più semplici inverter a frequenza variabile (inverter "scalari" o più comunemente " V/f "), realizzano essenzialmente un controllo della tensione e della frequenza di uscita, mantenendo costante il rapporto V/f caratteristico del motore. In questo modo, il flusso magnetico nel motore si mantiene teoricamente costante e di conseguenza anche la coppia erogata.

La direzione di marcia del motore viene facilmente variata invertendo la sequenza delle fasi generate in uscita, passando senza soluzione di continuità da un senso di rotazione all'altro.

La corrente di spunto viene completamente eliminata in quanto il motore parte con tensione e frequenza crescenti e si trova a lavorare costantemente nel tratto stabile della curva di coppia:



L'argomentazione di sopra è valida però solo in un tratto relativamente limitato del campo di funzionamento, in quanto a basse frequenze intervengono altri fattori che vanno tenuti in considerazione.

Riducendo la frequenza (e quindi la tensione) di alimentazione del motore, le cadute di tensione dovute alla resistenza degli avvolgimenti di statore, diventano significative riducendo il flusso generato all'interno del motore. Per mantenere il più possibile costante il flusso, si sfruttano curve di tensione non lineari, che incrementano il rapporto V/f alle basse frequenze (funzione comunemente chiamata "boost"). L'utilizzo di questa funzione può diventare necessaria per frequenze inferiori ai 10Hz.

Va comunque detto che a frequenze prossime allo zero (e a maggior ragione a zero), viene di fatto a mancare la causa generante il flusso magnetico, per cui il motore si trova privo di coppia, cioè con albero libero.

In questo sta la differenza fondamentale tra un motore asincrono e altre macchine elettriche come il motore in C.C. o il motore *brushless*, che consentono la coppia

massima anche ad albero fermo e sono quindi più adatte a sistemi di posizionamento.

La coppia di un motore elettrico è sempre generata dall'interazione di due campi magnetici. Nei motori c.c. e nei brushless esiste un campo magnetico detto "flusso di eccitazione" che viene prodotto, o da magneti permanenti, o da appositi avvolgimenti; questo flusso interagisce con gli avvolgimenti del rotore al fine di realizzare una conversione di energia elettrica in meccanica. Nel motore asincrono entrambi i flussi sono generati invece dalla stessa tensione di alimentazione, per cui a valori prossimi allo zero il flusso si annulla.

Per ovviare a questo inconveniente, negli ultimi anni si sono sviluppate le tecniche di "Controllo Vettoriale", ormai disponibili in versioni più o meno sofisticate, su quasi tutti gli inverter.

Questo tipo di controllo permette di variare istantaneamente, oltre alla frequenza, anche l'angolo di fase della tensione applicata al motore. Queste variazioni consentono di indurre nel rotore le correnti necessarie a generare flusso, anche senza variarne la frequenza.

Il controllo vettoriale richiede una definizione il più precisa possibile delle caratteristiche elettriche del motore, normalmente calcolata dall'inverter stesso con la funzione di *autotuning*.

Per questo motivo, il controllo vettoriale non è adatto ad applicazioni con più motori comandati in parallelo.

Il controllo vettoriale basato esclusivamente sul calcolo della risposta del motore è detto "ad anello aperto" o "sensorless", ed è quello più comunemente utilizzato. Questo controllo non consente comunque di mantenere il motore in coppia ad albero fermo, in quanto all'inverter manca l'informazione esatta della velocità reale del motore.

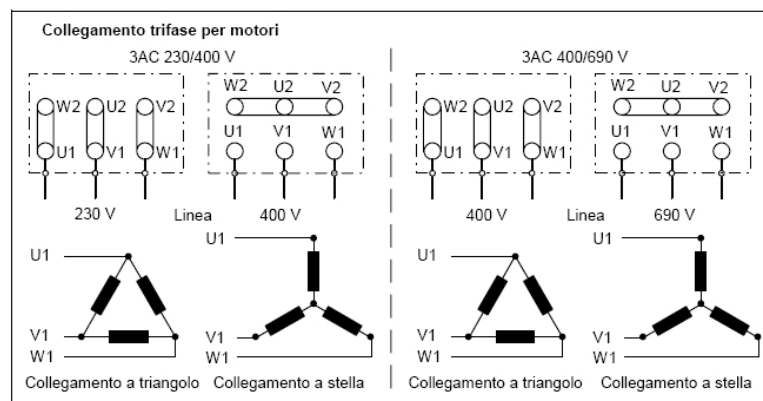
Per questo motivo, alcuni inverter dispongono di un ingresso per *encoder* che permette di acquisire la velocità reale del motore, realizzando così il controllo "Vettoriale ad anello chiuso", che permette prestazioni molto elevate ed il controllo di coppia anche ad albero fermo.

B.3 Considerazioni di utilizzo

B.3.1 Tensione massima di uscita

Partendo da una tensione DC ottenuta dal raddrizzamento della tensione di rete, l'inverter può generare una tensione di uscita di valore efficace massimo, all'incirca uguale a quella della rete stessa. Per questo motivo, ad esempio, un inverter alimentato a 400V produce una tensione massima di uscita dello stesso valore.

Un'interessante caratteristica legata alla doppia conversione AC-DC-AC, è quella di potere realizzare inverter con alimentazione monofase 230V (quindi collegabili alla comune rete monofase), in grado di pilotare un motore trifase. In questo caso il motore deve poter essere alimentato a 230V e la gran parte dei motori di piccola taglia (ai quali si rivolge questo tipo di inverter), sono realizzati perciò con avvolgimenti da 230/400V selezionabili mediante il collegamento (triangolo = 230V, stella = 400V).



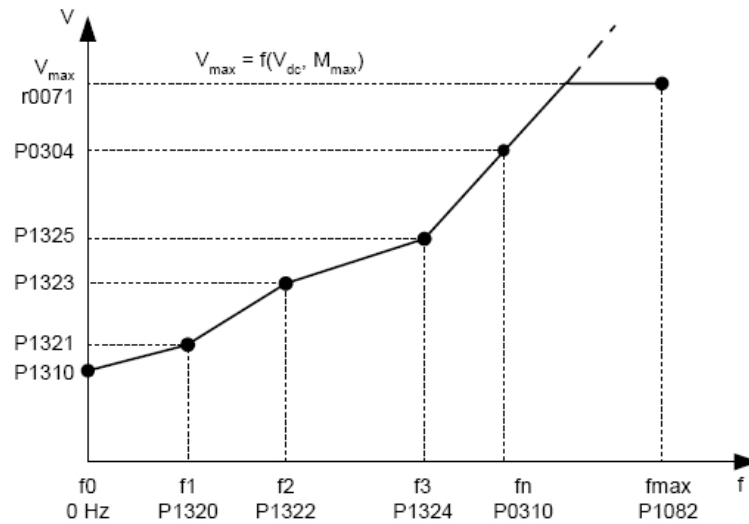
B.3.2 Funzionamento a Potenza Costante

La conversione DC-AC realizzata dall'inverter non pone limite (teoricamente) alla frequenza di uscita dell'inverter. Questo consente di comandare il motore a frequenze anche superiori alla nominale.

Gli inverter più comuni in commercio permettono di raggiungere frequenze massime di uscita da 150 fino a 400Hz e danno la possibilità di impostare a piacere la caratteristica V/f di uscita.

Come abbiamo visto, però, la tensione disponibile è limitata al valore della rete

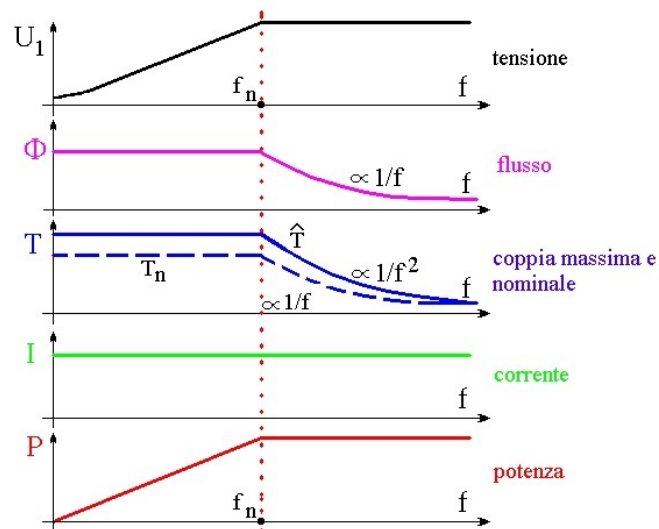
di alimentazione, per cui qualunque sia la caratteristica impostata, la tensione massima non potrà andare oltre questo valore.



Esempio di caratteristica V/f impostabile su Siemens MM440

Se prendiamo come esempio un motore da 400V 50Hz 4poli (1500rpm nominali), e desideriamo comandarlo fino a 100Hz, dovremo impostare una caratteristica V/f che ci consenta di arrivare a 400V in corrispondenza dei 50Hz, per sfruttare al massimo la coppia disponibile del motore.

Aumentando ancora la frequenza, la tensione rimarrà costante, per cui il rapporto V/f (e quindi la coppia) si ridurranno progressivamente. In queste condizioni si dice che il motore lavora “in deflussaggio” oppure che lavora nel tratto “a potenza costante”:



- **Nel tratto da 0 a f_n** (50Hz) il motore lavora a coppia costante in quanto il rapporto V/f è costante.
Il flusso nel motore è costante.
La potenza meccanica (coppia * giri) cresce linearmente fino a f_n .

- **Nel tratto oltre f_n** il motore lavora a coppia decrescente in quanto il rapporto V/f si riduce all'aumentare della frequenza ed il flusso si riduce allo stesso modo.
La potenza meccanica rimane costante in quanto il numero di giri aumenta ma la coppia diminuisce.

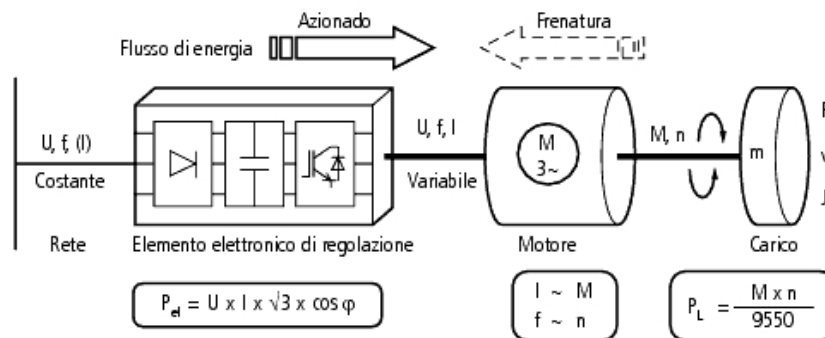
Nel tratto a potenza costante il motore perde coppia e potrebbe non essere più in grado di vincere la coppia resistente: se si verifica questa condizione il motore va in "stallo", cioè si ferma pur essendo alimentato. Applicazioni con funzionamento oltre il regime di frequenza nominale vanno pertanto riservate ai casi in cui la coppia resistente è minore alle alte velocità (ad esempio mandrini, aspi avvolgitori, ecc.).

B.3.3 Frenatura del Carico

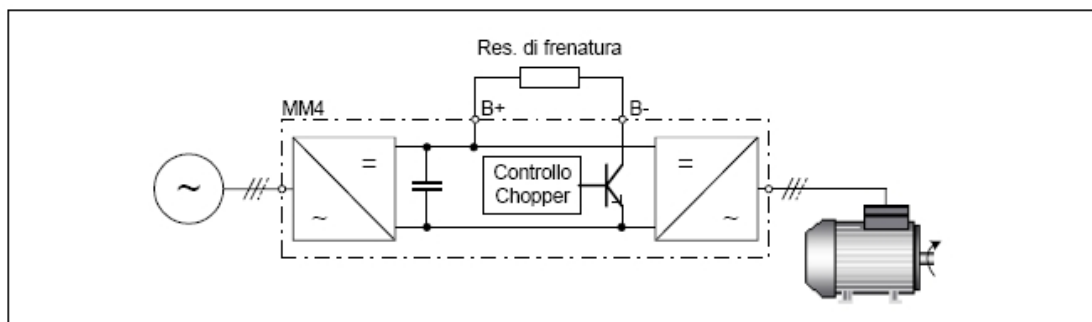
Durante le inversioni del senso di marcia o durante le decelerazioni, il motore si viene a trovare ad una velocità di rotazione superiore a quella generata dalla frequenza dell'inverter. In queste condizioni il motore asincrono, trascinato dall'inerzia del carico, si trova a funzionare come un generatore di corrente (si dice che lavora in "ipersincronismo", cioè a velocità più alta di quella del campo rotante che lo comanda).

L'energia che ne deriva viene trasferita attraverso lo stadio inverter verso il bus DC, dove i condensatori di filtro si "caricano", innalzando la tensione del bus stesso.

Se l'energia cinetica da dissipare è elevata (carichi molto inerziali o brusche decelerazioni), la tensione del bus DC può raggiungere livelli pericolosi, facendo intervenire le protezioni dell'inverter.



Per ovviare a questo problema, molti inverter dispongono (nello stadio intermedio in DC) di un apposito circuito detto “chopper di frenatura”, che permette di scaricare l’energia in eccesso accumulata nei condensatori di filtro su di una resistenza esterna. In questo modo si ottiene una frenatura efficace del motore senza intervento delle protezioni.



In molti inverter esiste inoltre una funzione che modula automaticamente il tempo di decelerazione, per evitare sovratensioni anche in mancanza della resistenza di frenatura. È ovvio che, in questo caso, il tempo di arresto del motore sarà funzione dell’inerzia del carico.

B.3.4 Interfaccia e Comandi

Tutti gli inverter possono alloggiare a bordo un pannello operatore, più o meno complesso, che ne permette la parametrizzazione ed il comando in locale. Sul display del pannello è possibile inoltre visualizzare i dati di funzionamento, come la velocità, la corrente, eventuali allarmi, ecc. Le funzioni essenziali sempre disponibili sulla morsettiera di controllo dell’inverter sono:

- comando di marcia
- direzione di marcia
- reset allarmi
- uno o più ingressi parametrizzabili
- uno o più ingressi analogici per il comando della velocità
- relé di stato
- una o più uscite analogiche (frequenza attuale, corrente, ecc.)

Alcuni inverter dispongono di ingressi dedicati per l'arresto in sicurezza senza la necessità del contattore di linea; tali ingressi agiscono a livello hardware inibendo direttamente il comando degli IGBT dell'inverter.

Tutti gli inverter dispongono di una interfaccia seriale normalmente utilizzata per la programmazione tramite PC e software dedicato.

In alcuni modelli è possibile installare schede opzionali per la comunicazione via bus di campo o per l'espansione degli I/O.

B.3.5 Funzioni Speciali

L'evoluzione dell'elettronica ha portato nel tempo ad integrare, nel controllo dell'inverter a frequenza variabile, funzioni sempre più complesse che permettono di semplificare il controllo esterno all'inverter stesso. La più comune ed utilizzata è la funzione PID, particolarmente utilizzata per il controllo di pompe e ventilatori con l'acquisizione diretta del trasduttore della grandezza controllata a bordo dell'inverter.

Esistono famiglie di inverter specialmente dedicate alle applicazioni HVAC, che propongono oltre alla funzione PID, vere e proprie funzioni PLC legate agli ingressi digitali a bordo, per poter realizzare semplici applicazioni con il solo utilizzo dell'inverter.

Altre funzioni presenti su alcuni inverter sono:

- funzioni di posizionamento;
- funzioni di "inseguimento" master/slave;

- funzioni di gestione del freno meccanico per sollevamento.

B.4 Altri Inverter

B.4.1 Controlli per Motore Brushless

Il comando di un motore brushless è ottenuto con una apparecchiatura che, dal punto di vista della struttura hardware, è del tutto simile a quella di un inverter a frequenza variabile. Ciò che lo differenzia da quest'ultimo è il tipo di controllo, molto più sofisticato, in quanto richiede il monitoraggio continuo della posizione fisica del rotore, ottenuto con un trasduttore apposito (resolver o encoder con sensori di Hall).

B.4.2 Inverter per Alimentazione di Servizi

Fanno parte di questa famiglia gli inverter (in genere monofasi) che vengono alimentati direttamente da batterie e generano una forma d'onda di uscita più o meno sinusoidale, adatta all'alimentazione di piccole utenze, specialmente su mezzi mobili come camper, imbarcazioni, ecc.

Frequenza e tensione di uscita sono fisse e corrispondono agli standard delle varie regioni (ad esempio 230V 50Hz).

B.4.3 Gruppi di Continuità

Un'altra applicazione degli inverter a frequenza fissa è quella dei gruppi di continuità, disponibili in versione monofase o trifase per potenze da poche centinaia di watt fino a gruppi da centinaia di KW.

Caratteristica di questi inverter è quella di un'ottima stabilità in frequenza e una buona forma d'onda in uscita. Gli inverter che fanno parte dei gruppi di continuità più sofisticati, inoltre dispongono di un controllo per l'aggancio in frequenza e in fase alla tensione di rete, in modo da permettere commutazioni del carico dalla rete al gruppo e viceversa, senza interruzioni dell'alimentazione.

B.4.4 Inverter per Pannelli Fotovoltaici

Si tratta di un tipo particolare di inverter progettato espressamente per convertire l'energia elettrica sotto forma di corrente continua, prodotta dal modulo fotovoltaico in corrente alternata, da immettere direttamente nella rete elettrica. Queste macchine estendono la funzione base di un inverter generico con funzioni estremamente sofisticate e all'avanguardia, mediante l'impiego di particolari sistemi di controllo software e hardware che consentono di estrarre dai pannelli solari la massima potenza disponibile in qualsiasi condizione meteorologica.

Questa funzione prende il nome di MPPT, un acronimo di origine inglese che si traduce in *Maximum Power Point Tracker*. I moduli fotovoltaici hanno una curva caratteristica V/I tale che esiste un punto di lavoro ottimale, detto Maximum Power Point, dove è possibile estrarre tutta la potenza disponibile.

Questo punto della caratteristica varia continuamente in funzione del livello di radiazione solare che colpisce la superficie delle celle. È evidente che un inverter in grado di restare "agganciato" a questo punto, otterrà sempre la massima potenza disponibile in qualsiasi condizione. Ci sono svariate tecniche di realizzazione della funzione MPPT, che si differenziano per prestazioni dinamiche (tempo di assestamento) e accuratezza. Sebbene la precisione dell'MPPT sia estremamente importante, il tempo di assestamento lo è, in taluni casi, ancor più. Mentre tutti i produttori di inverter riescono ad ottenere grande precisione sull'MPPT (tipicamente tra il 99 – 99,6% della massima disponibile), solo in pochi riescono ad unire precisione a velocità.

È infatti nelle giornate con nuvolosità variabile che si verificano sbalzi di potenza solare ampi e repentini. È molto comune rilevare variazioni da $100 \frac{W}{m^2}$ a $1000 - 1200 \frac{W}{m^2}$ in meno di 2 secondi. In queste condizioni (che sono molto frequenti) un inverter con tempi di assestamento minori di 5 secondi riesce a produrre fino al 5% – 10% di energia in più di uno lento.

Alcuni inverter fotovoltaici sono dotati di stadi di potenza modulari e alcuni sono addirittura dotati di un MPPT per ogni stadio di potenza. In questo modo i produttori lasciano all'ingegneria di sistema, la libertà di configurare un funzionamento *master/slave* o a MPPT *indipendenti*. L'utilizzo di MPPT indipendenti, fornisce un vantaggio oggettivo in condizioni di irraggiamento non uniforme dei pannelli. Infatti non è infrequente che la superficie dei pannelli solari sia esposta al sole in modo disuniforme su tutto il campo. Questo in quanto disposta

su due diverse falde del tetto, perché i moduli non sono distribuiti su stringhe di uguale lunghezza o a causa di ombreggiamenti parziali dei moduli stessi. In questo caso l'utilizzo di un solo MPPT porterebbe l'inverter a lavorare fuori dal punto di massima potenza e conseguentemente la produzione di energia ne sarebbe danneggiata.

B.5 Procedura di Collaudo di un Inverter Industriale



Tratto da catalogo inverter Elettronica Santerno

In questo capitolo verranno descritte le prove di collaudo da effettuare affinché l'inverter industriale sia conforme alle normative cogenti e alle specifiche funzionali definite da Elettronica Santerno. Le normative di riferimento sono le seguenti:

“Norma CEI EN 60146 1-1 (edizione prima 1997). Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea - Parte 1-1: Specifiche per le prescrizioni fondamentali. Sezione 4: Prove di complessi di valvole e apparecchiature di conversione.”

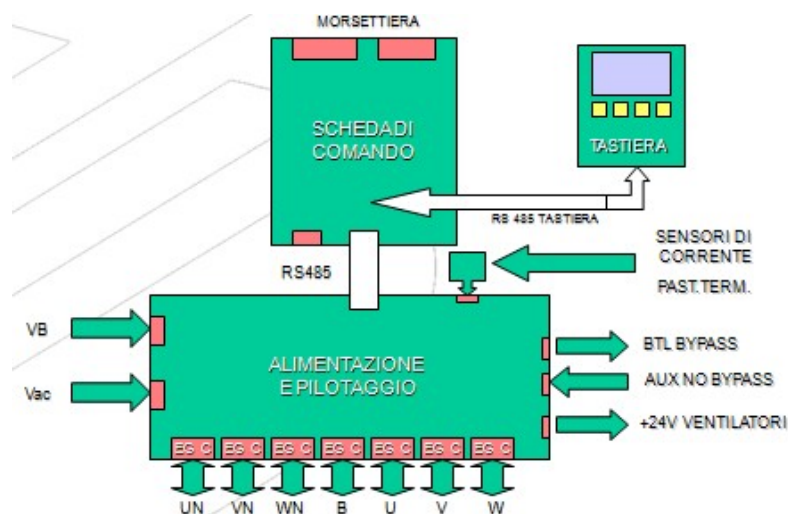
“Norma CEI EN 60146-2 (edizione prima 2001). Convertitori a semiconduttori - Parti 2: Convertitori auto commutati a semiconduttori che incorporano convertitori diretti di corrente continua. Capitolo 7: prove.”

“Norma CEI EN 61800 5-1. Prescrizioni di sicurezza - Sicurezza elettrica, termica ed energetica.”

“Norma UL 508C. Power conversion equipment.”

Le prove descritte in seguito, oltre a certificare il buon funzionamento del prodotto, servono per poter essere conformi al mercato Europeo ed Americano.

Tali prove, eseguite dagli operatori di Elettronica Santerno, sono dettagliate e descritte in apposite istruzioni operative; la mia descrizione è volutamente sintetica e tralascia i riferimenti a schemi e specifiche in quanto inutili in questo contesto.



B.5.1 Operazioni Preliminari sul cablaggio

Queste operazioni sono da eseguire sull'inverter prima di iniziare la procedura di collaudo vera e propria.

- Assicurarsi che le schede dell'inverter da collaudare abbiano superato tutte le fasi di collaudo previste in precedenza (indicate sul C.I.P. ossia Certificato Identificazione Prodotto).
- Eseguire un controllo scrupoloso del cablaggio, della pinzatura dei connettori e del serraggio delle viti, e in genere di tutte le connessioni elettriche.
- Verificare infine l'impostazione dei parametri della scheda comando secondo la tabella compilata dall'ufficio tecnico.

B.5.2 Prova di Isolamento Elettrico

La prova di isolamento deve essere eseguita secondo la norma UL 508C¹.

I circuiti elettricamente separati presenti nell'inverter vengono identificati, per la presente prova, con MAIN, DIN, DOUT, R-OK, R-RUN, GND.

Operazioni da eseguire:

- **MAIN:** cortocircuito dei morsetti di alimentazione trifase alternata, dei morsetti di uscita, dei morsetti di collegamento del modulo di frenatura o resistore di frenatura (se presenti).
- **DIN:** cortocircuito dei terminali inerenti alle funzioni START, ENABLE, 0VE e 24VE (tensione ausiliaria) e di tutti i connettori/morsetti relativi agli ingressi digitali optoisolati.
- **DOUT:** cortocircuito dei terminali relativi alle uscite digitali optoisolate.
- **R-OK:** cortocircuito dei contatti relativi ai relé di sistema pronto.
- **R-RUN:** cortocircuito dei contatti del relé soglia di frequenza.
- **GND:** cortocircuito dei morsetti dei segnali delle alimentazioni, dei riferimenti analogici e delle sonde di temperatura al potenziale della scheda di comando.

¹Vedi Appendice

Eseguite queste operazioni preliminari, andrà fatta la prova complessiva di isolamento nel seguente modo:

1. Applicare tra **MAIN** ed il morsetto di terra PE (a cui sono collegati DIN, DOUT, R-OK, R-RUN, GND) una tensione di prova di valore efficace **2000Vca**.
2. Applicare fra **DIN** ed il morsetto di terra PE (a cui sono collegati MAIN, DOUT, R-OK, R-RUN, GND) una tensione di prova di valore efficace **500Vca**.
3. Applicare fra **DOUT** ed il morsetto di terra PE (a cui sono collegati MAIN, DIN, R-OK, R-RUN, GND) una tensione di prova di valore efficace **500Vca**.
4. Applicare fra **R-OK** ed il morsetto di terra PE (a cui sono collegati MAIN, DIN, DOUT, R-RUN, GND) una tensione di prova di valore efficace **1500Vca**.
5. Applicare fra **R-RUN** ed il morsetto di terra PE (a cui sono collegati MAIN, DIN, DOUT, GND) una tensione di prova di valore efficace **1500Vca**.
6. Applicare fra **GND** ed il morsetto di terra PE (a cui sono collegati MAIN, DIN, DOUT, R-OK, R-RUN) una tensione di prova di valore efficace **500Vca**.

L'inverter sotto collaudo deve sopportare la tensione specificata per 1 secondo per i sei punti sopra elencati. La prova è considerata non superata se avviene una scarica o un arco elettrico.

B.5.3 Alimentazione e Verifiche Preliminari dei parametri software

1. Collegare all'inverter i cavi del banco prova per l'alimentazione trifase (R, S, T) rispettivamente ai morsetti dedicati. Collegare il motore ai morsetti ad esso dedicati.
2. Collegare la scatola di remotizzazione dei comandi dell' inverter alla rispettiva morsettiera della **scheda comando**; assicurarsi che i parametri siano impostati come da istruzioni operative.
3. Alimentare l'inverter e attivare la comunicazione seriale tra PC di collaudo e scheda comando dell'inverter (tramite software). Tramite il PC andare quindi ad impostare i vari parametri dell'inverter ritenuti critici, secondo le specifiche disposizioni dell'ufficio tecnico (alcuni parametri cambiano a seconda della tipologia di inverter e dalla taglia del medesimo).

Ecco un esempio di alcuni parametri da impostare:

Classe di tensione d'alimentazione (dipendente dalla destinazione ed uso finale dell'inverter).

Taglia di potenza di base (dipendente dalla potenza dell'inverter e comunque fare riferimento ai documenti d'ordine dei lotti di produzione oppure alla conferma d'ordine).

Selezione della gestione delle ventole (dipendente dalla taglia dell'inverter e comunque fare riferimento all'etichetta identificativa del prodotto).

Alimentazione CPU.

Terminate queste operazioni sulla scheda comando, collegarsi con il PC (stessa modalità sopra descritta) alla **scheda pilotaggio** e impostare i parametri di funzionamento (come da istruzione operativa) allo stesso modo.

B.5.4 Prova a Carico Ridotto

Le prove a carico ridotto vengono effettuate per verificare che tutte le parti del circuito elettrico, i circuiti di controllo, i dispositivi ausiliari, i dispositivi di protezione ed il raffreddamento dell'apparecchiatura funzionino correttamente insieme al circuito principale di potenza.

Alimentare l'inverter e verificare la corretta impostazione dei parametri sotto elencati (secondo l'ordine di produzione).

- Tensione nominale di rete².
- Tipo di algoritmo di controllo.
- Retroazione di velocità da encoder.
- Frequenza nominale del motore (vedi dati di targa del motore).

²La prova è da realizzare a tensione nominale (EN60146-1-1).

- Giri nominali al minuto del motore (vedi dati di targa del motore).
- Potenza nominale (vedi dati di targa del motore).
- Corrente nominale (vedi dati di targa del motore).
- Tensione nominale (vedi dati di targa del motore).
- Velocità massima (vedi dati di targa del motore).

Nel caso in cui i parametri non fossero corretti impostarli al giusto valore sempre tramite il software dedicato a questa funzione.

Con la pinza amperometrica verificare che le correnti d'uscita erogate dall'inverter su ogni singola fase (tre), abbiano lo stesso valore entro una tolleranza del 3% (le fasi vanno verificate a due a due tra loro).

In seguito con la pinza, posizionata su una fase di uscita dell'inverter, misurare e annotare la corrente a vuoto del motore.

Verificare poi, che la misura "Corrente d'uscita" letta sul display dell'inverter sia identica a quella letta (ed annotata) sulla pinza amperometrica (entro una tolleranza del 6%).

Calcolare la percentuale di corrente a vuoto rispetto alla corrente nominale del motore eseguendo il seguente calcolo:

$$I(\text{vuoto}\%) = [I(\text{vuoto})/I(\text{nominale Mot.})] * 100$$

Salvare il valore di corrente a vuoto così ottenuto nel parametro "Corrente a vuoto".

Verificare il corretto funzionamento dei dispositivi ausiliari quali:

- Ventole per il raffreddamento dell'inverter (dove è importante verificarne il senso e la velocità di rotazione).
- Relé/contattore d'inserzione/disinserzione della resistenza di pre-carica.

B.5.5 Test di Sovraccarico

Il test di sovraccarico in uscita è previsto dal fascicolo UL vol. 1, app. B.A, pag. 1.³

Prima dell'esecuzione di questa prova (che potrebbe essere distruttiva) è estremamente importante ed essenziale aver verificato la corretta lettura della corrente d'uscita dell'inverter (vedi paragrafo § B.5.4 a pagina 123, parametro "corrente di uscita").

Verificare inoltre che il banco di collaudo sia predisposto all'esecuzione di questa prova; il contattore deve essere collegato all'uscita dell'inverter, per la prova di cortocircuito su una induttanza trifase (opportunamente dimensionata) cablata in modalità stella.

Chiudere i contatti di abilitazione ENABLE e di START. Inviare un riferimento di tensione ed azionare il contattore; in queste condizioni va verificato che l'inverter vada in blocco ed il suo display visualizzi l'allarme di sovracorrente d'uscita.

Resettare l'allarme tramite il suo tastierino, verificare che l'inverter riparta avviando il motore; fermare quindi il sistema e togliere l'alimentazione.

B.5.6 Ciclo di Burn-In

Alimentare l'inverter in camera climatica, dove deve permanere per un periodo di 100 ore alla temperatura di 40° C. Rieffettuare il collaudo secondo le specifiche operative.

Questa operazione ha lo scopo di evidenziare i difetti causati dalla mortalità infantile dei componenti costituenti il sistema.

Questo comportamento dei componenti è descritto in modo efficace dal grafico a "vasca da bagno".

B.5.7 Test di Limitazione di Corrente

Scopo della prova è impostare il giusto valore di intervento della limitazione di corrente.

Impostare sull'inverter il parametro "Coppia massima motore" al 500% del valore nominale. In questo modo viene liberato il limite superiore di coppia, così che non

³Vedi Appendice

intervenga la limitazione, non permettendo l'esecuzione della prova.

Prima di eseguire l'operazione successiva è molto importante verificare che le impostazioni del banco di collaudo siano corrette: verificare che il banco di collaudo sia predisposto in modo tale da permettere l'inserzione del motore freno.

Inserire quindi il motore freno e regolarne la frenatura fino a che l'inverter non intervenga con la sua limitazione di corrente, il cui corretto valore va verificato sul manuale d'uso dell'inverter. Nei banchi nei quali è possibile, va eseguita la medesima prova ma invertendo il senso di rotazione del motore.

Portare la corrente d'uscita dell'inverter al valore nominale.

Con la pinza amperometrica verificare che le tre correnti d'uscita su ogni fase siano identiche fra loro entro una tolleranza del 3% (vanno verificate a due a due tra loro).

Lasciare l'inverter in queste condizioni per un tempo di qualche minuto (il tempo è fornito dall'ufficio tecnico a seconda della taglia dell'inverter). Verificare che non intervenga nessun allarme.

B.5.8 Frenatura Dinamica

Questa prova è necessaria solo per alcune tipologie di inverter.

Per eseguire la prova è necessario collegare un'adeguata resistenza di frenatura ai morsetti dell'inverter dedicati a questo.

Impostando alcuni parametri di funzionamento ai valori forniti dall'ufficio tecnico si dovrà verificare che, una volta avviato l'inverter, con l'intervento della frenatura venga visualizzato su un oscilloscopio (opportunamente collegato) una forma d'onda il cui andamento deve essere quello indicato dall'ufficio tecnico (in questo caso, ad esempio, la forma d'onda quadra indica il corretto intervento).

B.5.9 Algoritmi di Funzionamento

Di seguito viene descritta brevemente la teoria che è dietro ad alcuni algoritmi di funzionamento implementati nel software degli inverter.

Questi algoritmi sono parametrizzati da un software dedicato. Per questo è necessario fare riferimento alla procedura fornita dall'ufficio tecnico, dove viene fornito

il valore da inserire o da ottenere per ogni parametro. Oltre a motivi di privacy aziendale, questa procedura esula anche dall'obiettivo di questo laboratorio e per questo non verrà presa in considerazione.

CONTROLLO IFD (Inverter Frequency Drive)

Si considera il flusso magnetico Φ del motore asincrono trifase, la condizione necessaria per poter erogare la coppia nominale a tutte le velocità, è che questo flusso sia sempre costante.

L'inverter imposta la tensione al motore, proporzionale alla frequenza (velocità del motore) e il flusso rimane costante. Questo passaggio si può vedere meglio grazie alla seguente espressione:

$$\Phi = \frac{V}{6,8 \cdot f}$$

Una volta che si è raggiunta la frequenza e tensione nominale non è poi possibile aumentare la tensione.

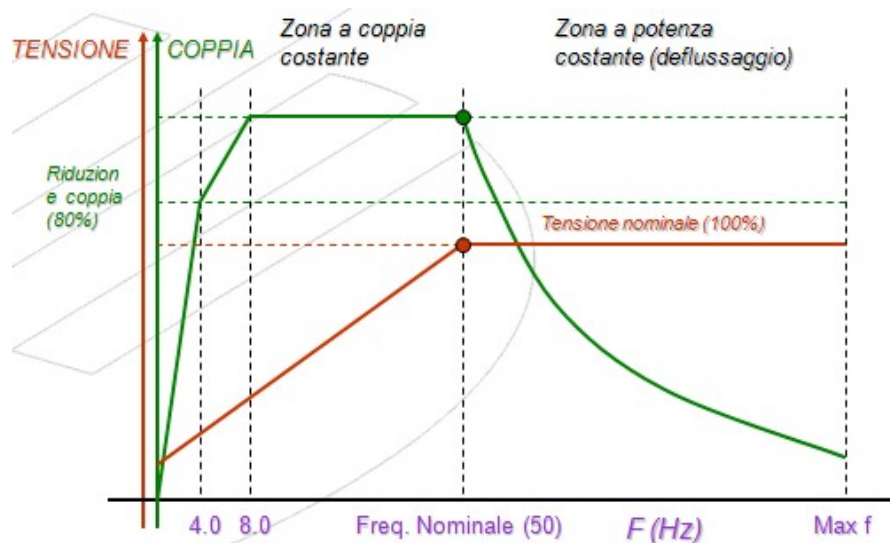
Abbiamo quindi che:

V rimane costante al valore nominale

f continua ad aumentare assieme alla velocità

f quindi cala - zona di deflussaggio - e cala anche la coppia.

Il tutto si può leggere dal seguente grafico:

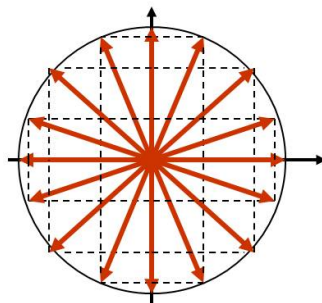


CONTROLLO VTC (Vector Torque Control)

Il controllo digitale dell'inverter elabora le misure del motore, tensione e corrente e calcola una grandezza detta vettore di flusso di statore.

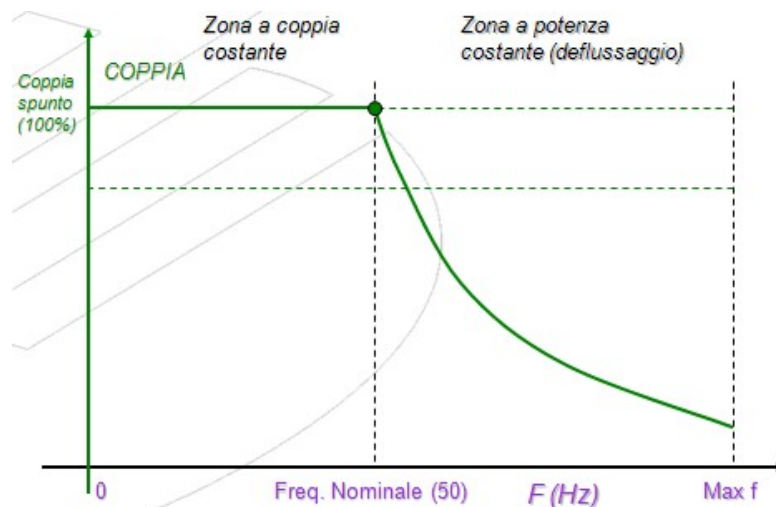
Tale calcolo è effettuato periodicamente (ogni 0,5–1 millisecondo) sui valori istantanei misurati dall'inverter.

Il vettore di flusso è determinato da una ampiezza e da una fase (angolo) e ruota nel tempo come il campo rotante del motore.



Il vettore di flusso di statore è ulteriormente elaborato attraverso una funzione matematica che, in base ai parametri di motore, determina la direzione da imporre al vettore di tensione da applicare al motore adatto per produrre la coppia desiderata.

Questo comporta l'accensione in opportuna configurazione, degli IGBT del convertitore di potenza, secondo una tecnica detta *Space Vector Modulation*. Viene così imposta al motore la coppia desiderata istante per istante, proveniente dal regolatore di velocità o come set point esterno. È possibile avere tutta la coppia del motore anche da fermo.

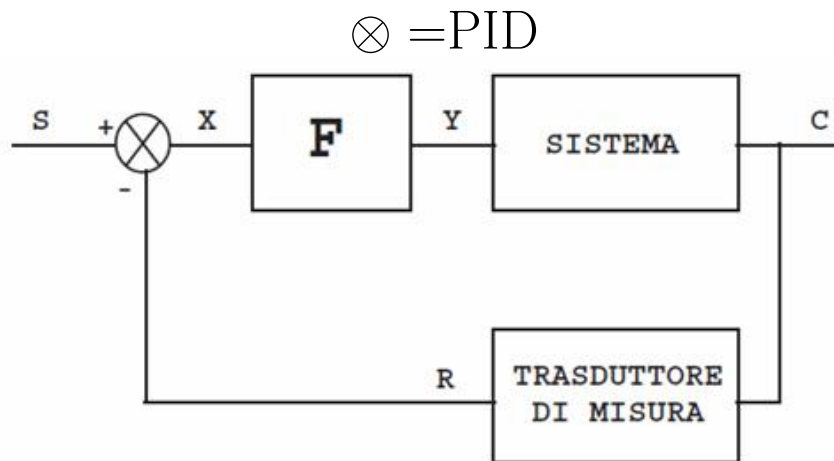


REGOLAZIONE IN RETROAZIONE (PID)

Il regolatore PID (Proporzionale Integrale Derivativo) è integrato negli inverter di Elettronica Santerno. Permette di realizzare direttamente semplici applicazioni di automazione con il solo inverter, regolando una grandezza di un carico al valore desiderato.

Il regolatore PID confronta continuamente il valore desiderato (set point) con la variabile misurata e comanda di conseguenza l'inverter.

Il regolatore PID prevede dei parametri di funzionamento che vanno impostati effettuando test di risposta alle variazioni del riferimento.

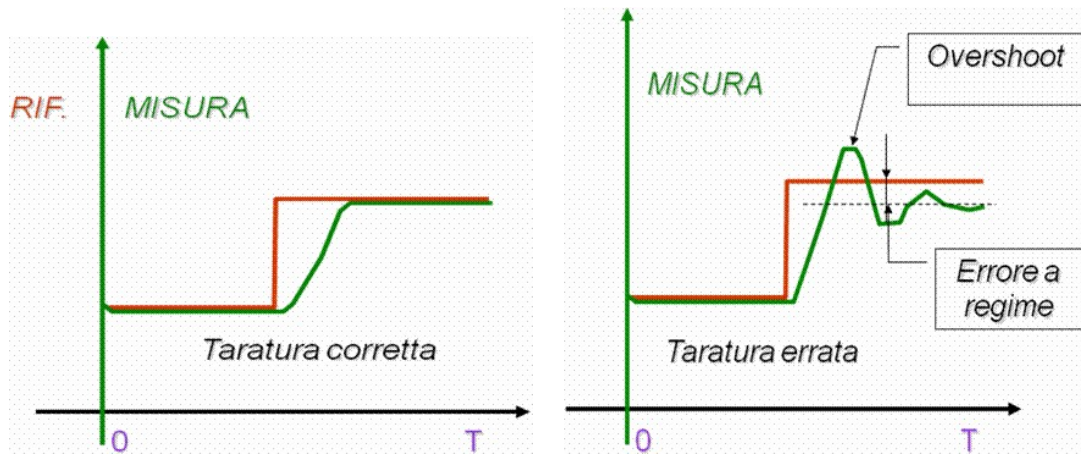


Riferimento s - viene impostato al valore desiderato della grandezza di uscita (esempio: pressione del compressore)

Sistema - È l'insieme dell'azionamento, del motore e del sistema che produce la grandezza desiderata (esempio: compressore)

Trasduttore di misura: È il trasduttore che trasforma la grandezza da misurare in un segnale elettrico adatto all'ingresso del PID.

La taratura dei parametri del PID (guadagno proporzionale, costante integrale e termine derivativo) si esegue osservando la forma della risposta alla variazione del riferimento.



MODALITÀ DI IMPOSTAZIONE TERMINI DEL PID

Per avere un buon inseguimento del riferimento (senza overshoot) anche se rimane presente un errore a regime, bisogna impostare il guadagno per l'integrale e derivativo, al valore zero ed agire sul solo proporzionale.

Alzare il valore del termine integrale fino ad annullare l'errore a regime.

Inserire il termine derivativo (solo se serve) per aumentare la prontezza di risposta a variazioni di disturbo del sistema.

Appendice B.A

File E195081 Vol. 1 App. A Page 1 Issued: 2003-02-19

New: 2004-07-27

MANUFACTURING AND PRODUCTION LINE TEST

Prior to being shipped from the manufacturing facility, all internal Solid-State Short Circuit protection circuitry and the Thermal protection, when provided by:

Thermistor NTC, Unlisted Component evaluated, both its functionality and its failure state (Open- and Short-circuited), during the test program (Digital A.C. Motor Drives "SINUS K Series", "SINUS K LIFT Series" and "SINUS PENTA Series" (Size S05)- Ref. Sec. 2, Test Record No. 1)

They shall be subjected to a procedure involving:

- a) Identification of early production faults; and

- b) Circuit Functionality Evaluation

Short Circuit protection - Verification of functionality of the short circuit protection function is performed on 100\% of the complete assembled A.C.

Motor Drives. The equipment under test is connected to an appropriate S/C Tester, verifying the correct tripping of the Solid State Protection. In particular a three-phases, star connected, low impedance reactor is connected to terminals 44/U, 45/V, 46/W and the drive output is enabled so that the protective circuit trips. During test, the drive visualizes on keyboard display the error

and the intervention of the circuit of protection.

Thermal protection (Digital A.C. Motor Drives "SINUS K Series", "SINUS K LIFT Series" and "SINUS PENTA Series" (Size S05)) - The Thermistors NTC correct behavior and functionality is tested by a proper -meter equipment immediately after the production and assembly process of each drive, taking into account some measures keeping the drive under test alive.

File E195081 Vol. 1 App. A Page 2 Issued: 2003-02-19

Revised: 2007-01-24

This identification and verification procedure is able to involve:

- c) Incoming component screening - This may be replaced by the diagnostic test described below.

- d) Burn-In - All the drives, once completed, suffer the cycle of burn-in for duration of 12 hours in temperature-controlled cabinets.

- e) Diagnostic test - A parametric component test or functional board test is performed on 100\% production for all solid state short circuit protection circuitry and the thermal protection, Thermistor NTC (Digital A.C. Motor Drives "SINUS K Series", "SINUS K LIFT Series" and "SINUS PENTA Series" (Size S05)), with the purpose of:

Parametric verification of passive, diode and semiconductor

components.

Identification of production faults (bad solder connections)
at assembled PWB level.

The test is performed using a manual probe or flying probe
equipment or a needle bed equipment.

A record is filed for every non compliant or malfunctioning piece
of equipment.

File E195081 Vol. 1 App. A Page 3 Issued: 2003-02-19
New: 2004-07-27

DIGITAL A.C. MOTOR DRIVES
"SINUS K - SINUS K LIFT - SINUS PENTA SERIES"

(Refer to Sec. 2)

a) Short Circuit protection

The critical components of the Solid-State Short Circuit
Protection circuitry are located on the Power PWB's and are listed
in the following Table. Refer to Construction
Details.

| AC Motor Drive Mod. Nos. | Boards | | Components | | |
|--|-------------------|------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| | Name/ Id. No | Ills. No. | Type | Ref. No. | Description |
| "SINUS K Series" (Size S05) (Size S10) (Size S15) (Size S20) (Size S30) (Size S40) (Size S50) | Power PWB | 112 113 | Aux. Driving Pulse Transformer | T2---T7 (A) | Refer to Construction Details |
| | Curr. Sens . PWB | 16 17 | Optical Insulators | OP2---OP7 (B) | Refer to Construction Details |
| | Controller PWB | 46 47 | Driver Module | M1---M6 (C) | ES713 PWB's |
| | | | Current Sensors | TA1 TA2 TA3 (D) | Refer to Construction Details |
| | Refer to Con.Det. | 60 | Diodes | D23---D28 (E) | Rated: 1000 V, 1.0 A, 175°C |

| AC Motor Drive Mod. Nos. | Boards | | Components | | |
|------------------------------------|--------------|-----------|--|----------|-------------------------------|
| | Name/ Id. No | Ills. No. | Type | Ref. No. | Description |
| "SINUS K Series" (Size S60) | | 114 | Short-Circuit Protection Circuitry integrated into | | Refer to Construction Details |
| | - - | 19 20 | | - - | |
| | | 60 | Power Switching | | |

File E195081 Vol. 1 App. A Page 4 Issued: 2003-02-19

New: 2004-07-27

DIGITAL A.C. MOTOR DRIVES "SINUS K - SINUS K LIFT - SINUS PENTA SERIES"

(Refer to Sec. 2)

b) Thermal protection

This protection is provided by a Thermal Sensor - Thermistor NTC manufactured by EPCOS OHG, Mod. No. M703/10K/G (Prod. Id. B57703-M103-G). Refer to Construction Details.

Bibliografia

- [1] A. Grando (2001): *“Innovazione, produzione e logistica nell’era dell’economia digitale”* Ed. Etas.
- [2] F. Caron (1997): *“Impianti di movimentazione e stoccaggio dei materiali: criteri di progettazione”* Ed. U. Hoepli.
- [3] R. Secchi (2000): *“Produrre e gestire informazioni per integrare la supply chain”* Ed. Guerini.
- [4] *“Manuale della Qualità di Elettronica Santerno”*.
- [5] R. Balocco, S. Mainetti, A. Rangone (2006): *“Innovare e competere con le ICT”* Ed. il Sole 24 ore.
- [6] O. W. Wight (2001): *“MRP II. Pianificazione delle risorse di produzione”* Ed. Franco Angeli.
- [7] M. Cappetta (2001): *“Manuale di Gestione Industriale”* Ed. il Sole 24 ore.
- [8] K. Laudon, J. Laudon (2006): *“Management dei sistemi informativi”* Ed. Pearson.
- [9] F. Di Crosta (2005): *“Indicatori di performance aziendali. Come definire gli obiettivi e misurare i risultati”* Ed. FrancoAngeli.

Sitografia

- [10] Manufacturing Consulting Services, Inc.
<http://www.leanmfg.com>

- [11] Associazione Italiana Cultura Qualità Emilia-Romagna
<http://www.aicqer.it>

- [12] Giuliano Nicolini. Consulenza e formazione di direzione
<http://www.giulianonicolini.it>

- [13] Wikipedia. Enciclopedia aperta gestita da editori volontari
<http://it.wikipedia.org>

- [14] Sito web di Elettronica Santerno
<http://www.elettronicasanterno.it>

- [15] Sito web del Gruppo Carraro
<http://www.carraro.com>

- [16] Sito web della casa Microsoft
<http://www.microsoft.com>

Ringraziamenti

“Tutto è già cominciato prima, la prima riga della prima pagina di ogni racconto si riferisce a qualcosa che è già accaduto fuori dal libro.”

Italo Calvino

Mi ritrovo di nuovo qui, a distanza di poco più di due anni, a scrivere i ringraziamenti della tesi. Questa tesi ha un valore però ben diverso dalla precedente, in quanto, molto probabilmente sarà l'ultima che scriverò. Contemporaneamente suggella cinque bellissimi anni di università e mi proietta nel mondo del lavoro. Forse un'epoca sta per finire e un'altra per iniziare, più bella forse, perché no?! Riflessioni filosofiche a parte, questo è un lavoro di gruppo e non sarebbe stato possibile senza gli Ingegneri Enrico Martagni, Luca Ferraresi e la Dottoressa Simona Sassoli che mi hanno dato la possibilità di svolgere questo lavoro in azienda e mi hanno seguito nel percorso. Sarebbe stato inoltre molto meno divertente se non avessi incontrato in Elettronica Santerno persone stupende con cui condividere l'ufficio per sei mesi come lo sono stati i miei colleghi.

Voglio poi ringraziare la Professoressa Cristina Mora per la sua piena disponibilità nell'accordarmi la tesi e nel seguirmi nella redazione, neanche la neve è riuscita a fermarci.

Presenza insostituibile, per questa tesi come per la precedente è stata quella della Dottoressa Alessandra Zanoni, se dovessi ringraziarla per ogni singolo aiuto che mi ha dato credo che avrei bisogno di un'intera pagina solo per lei.

Infine, ma di primaria importanza, è stato l'aiuto della Dottoressa Federica Gini a cui va un grazie particolare.

E come ogni impresa degna di tale nome, questa mie due lauree non sarebbero state possibili senza uno zoccolo duro pronto a sostenermi e spronarmi ogni secondo della mia giornata, e questo zoccolo duro è la mia famiglia: babbo Romano, mamma

Simonetta, il Fut.Ing. fratello Stefano, nonno Spartaco e dada Anna. Sono proprio fortunato ad esser nato in una famiglia così.

E poi ci sono i miei compagni di università, i miei colleghi istruttori e i miei amici di sempre. Non posso citarvi uno ad uno perché a chi leggerà sembrerà una mera lista di nomi senza sapere che invece ha davanti i nomi del mio passato, del mio presente e del mio futuro tutti legati in modo indissolubile a me.

Non posso che concludere con una massima con la speranza che illumini il lettore come ha illuminato me. . .

“Una vita senza ricerca non è degna per l’uomo di essere vissuta.”

Socrate