

Introduzione

Il recente mutamento dello scenario di mercato del settore *automotive*, in modo particolare il crescente aumento della quota di autoveicoli equipaggiati di serie con l'impianto di climatizzazione, ha costretto l'azienda Delphi-Diavia, leader nella produzione di impianti di climatizzazione per autoveicoli, sia ad estendere la produzione anche agli impianti di primo equipaggiamento, sia a ridefinire i propri processi operativi nel settore tradizionale della produzione destinata all'*aftermarket*.

Il nuovo scenario competitivo privilegia, infatti, le imprese che organizzano i processi produttivi in modo efficiente, flessibile e capace di adattarsi rapidamente alla mutevole domanda del mercato.

L'obiettivo principale di questa trattazione è illustrare il mio contributo al progetto di riorganizzazione che Delphi-Diavia ha intrapreso.

I primi quattro capitoli descrivono in dettaglio l'Azienda e il prodotto.

Il quinto capitolo introduce i principi della produzione *just in time*, il metodo giapponese per introdurre la flessibilità producendo solo il necessario e al momento necessario, eliminare gli sprechi e valorizzare il prodotto.

I capitoli sesto e settimo riassumono i traguardi raggiunti nell'applicazione dei principi *just in time* e gli obiettivi futuri.

I capitoli seguenti documentano il lavoro che ho svolto per il livellamento della produzione nell'ambito del settore *aftermarket*.

Un'analisi qualitativa e quantitativa delle attività del reparto di imballo (capitolo ottavo) ha permesso la definizione di procedimenti di lavoro standard (capitolo nono).

La successiva attuazione di tali procedimenti, oltre a migliorare la capacità produttiva del reparto, ha consentito una rilevazione più precisa dei tempi caratteristici delle varie fasi del processo produttivo.

All'analisi dei dati sui tempi acquisiti è seguita l'elaborazione di un modello per la stima del tempo di processo (capitolo decimo), con la finalità di creare uno strumento per una programmazione della produzione più fedele alla reale capacità produttiva dell'impianto.

Ringraziamenti

Sono molto grato a tutto il personale dell'Azienda per la disponibilità e la cortesia dimostrate e per avermi sempre incoraggiato durante il lavoro.

Desidero ringraziare Marco Biancani, responsabile del Servizio Produzione, per avermi accordato la possibilità di svolgere il lavoro qui presentato e per avermi chiaramente illustrato fin dall'inizio i molteplici aspetti delle questioni che andavo ad affrontare.

Molto utile mi è stata la collaborazione di Giorgio Giatti, ingegnere del Servizio Programmazione della Produzione, nell'avermi fornito tutti i dati necessari e, soprattutto, per i preziosi consigli didattici.

Desidero ringraziare in modo particolare Massimo Gamberini, collaboratore del responsabile del Servizio Produzione, per la sua quotidiana disponibilità, per avermi affiancato nella acquisizione della familiarità con l'ambiente industriale e per l'apporto della sua insostituibile esperienza rivelatasi fondamentale nella definizione dei procedimenti di lavoro standard. A lui devo l'insegnamento che, in qualunque realtà, sono sempre prima di tutto le Persone che fanno l'azienda.

1. L'Azienda

1.1 Delphi Automotive System

Delphi Automotive System è un gruppo multinazionale leader mondiale nella produzione e commercializzazione di dispositivi elettronici portatili, componenti per mezzi di trasporto e sistemi tecnologici.

La direzione generale è a Troy, in Michigan, USA. Altre direzioni locali sono a Parigi, Tokyo e São Paolo. Delphi, con circa 216.000 impiegati, opera con 184 stabilimenti produttivi interamente controllati, 44 joint ventures, 53 tra centri assistenza clienti e uffici vendite, 31 centri tecnici in 40 paesi.

I componenti e i sistemi integrati Delphi sono progettati per aiutare i costruttori di veicoli a semplificare i processi produttivi e a soddisfare l'attuale domanda di veicoli ad alto contenuto tecnologico. L'obiettivo primario del Gruppo è la soddisfazione del cliente tramite il primato nella tecnologia, nella qualità, nel livellamento dei costi su scala mondiale e nella sensibilità verso le esigenze del consumatore.

Come fornitore di parti per il comparto automobilistico Delphi produce e vende sia singoli componenti, come un pannello con strumenti di controllo, sia impianti integrati che interagiscono con tutto il veicolo per assolvere specifiche funzioni, come il sistema frenante.

I maggiori settori produttivi dell'Azienda sono tre:

- *Dynamics & Propulsion*, che comprende la gestione dell'energia e del motore, gli autotelai e i dispositivi per lo sterzo;
- *Safety, Thermal & Electrical Architecture*, che include i prodotti per la distribuzione interna del calore, dell'energia e dei segnali;
- *Electronics & Mobile Communication*, che comprende i sistemi audio, elettronici e di comunicazione per automobilismo.

La suddivisione delle attività in tre settori aiuta a semplificare la gestione di una impresa così diversificata che tratta prodotti di differente natura. Ogni settore produttivo è gestito da un consiglio direttivo strategico o da un equivalente comitato direttivo composto da individui che hanno la responsabilità per la redditività e per il flusso di cassa delle varie linee di prodotti e delle attività del settore.

Il settore *Safety, Thermal & Electrical Architecture* comprende *Delphi Interior Systems, Delphi Harrison Thermal Systems e Delphi Packard Electric Systems*. Le principali linee di prodotto di questo settore includono: sistemi di sicurezza e airbag, moduli integrati per porte, sistemi per porte scorrevoli, cruscotti modulari, sistemi per la gestione del calore, sistemi per il controllo del clima, **moduli HVAC** (Heating Ventilation and Air Conditioning), componenti per i sistemi di raffreddamento, centraline elettroniche di controllo, sistemi di connessione e distribuzione del segnale, sistemi avanzati di trasmissione dei dati, sistemi di illuminazione a fibra ottica, dispositivi di accensione per motori, sensori di temperatura, interruttori.



Modulo HVAC

Delphi, il maggior fornitore di componenti automobilistici tra i produttori di primi impianti (OEMs, Original Equipment Manufacturers) installati direttamente in catena di montaggio dalla casa automobilistica, si occupa anche del mercato post vendita ed è uno dei primi cinque fornitori di prodotti *aftermarket* nel mondo potendo contare sulla vasta conoscenza tecnica, sull'esperienza, sulla rete di vendita globale sviluppatesi con la produzione degli impianti originali. L'Azienda attualmente produce un'ampia gamma di articoli per l'*aftermarket* che vanno dai sistemi per il condizionamento dell'aria e la gestione del calore, ai sistemi di sicurezza, batterie, assorbitori d'urto, filtri e lubrificanti, coi nomi Diavia, Texalarm, Freedom e De Carbon.

Gli alternatori e i motorini di avviamento Delphi per l'*aftermarket* coprono il 97 % del mercato europeo (1999). I prodotti per la sicurezza Delphi Texalarm sono tra i più

venduti in Francia. Gli impianti di condizionamento venduti oggi col marchio Diavia Auto Air Conditioners coprono il 75% del mercato *aftermarket* europeo.

1.2 Delphi-Diavia

Diavia è la filiale italiana della divisione *Delphi Harrison Thermal Systems* del Gruppo Delphi. Oggi lo stabilimento Delphi-Diavia di **Molinella** (BO) si estende su una superficie di 24 mila metri quadrati, conta oltre 350 dipendenti e un indotto che coinvolge più di 700 persone.



Lo stabilimento Delphi-Diavia di Molinella

Diavia, fondata nel 1970 da Widmo Vanti, nacque adattando impianti di condizionamento dell'americana Fregette per il montaggio sui veicoli italiani. Si installavano poche decine di impianti all'anno, col marchio americano. Lo stabilimento di Molinella fu costruito nel 1972. Il nome Diavia venne introdotto con l'ingresso in Azienda di Carlo Mantellini (attuale direttore della divisione Delphi italiana), genero del fondatore, nel 1975. Da quel momento ebbe inizio l'espansione sui mercati esteri attraverso accordi con importanti case automobilistiche per la omologazione e la vendita dei condizionatori *aftermarket*. Cominciò a svilupparsi una rete autonoma di montaggio e assistenza per i prodotti Diavia, che oggi conta circa 3000 punti.

La necessità dell'approvvigionamento di alcuni componenti fondamentali, come il compressore, rese necessario il reperimento di un partner internazionale. L'incontro tra United Technology e Diavia risale al 1985. Iniziò in quell'epoca anche la produzione degli impianti di primo equipaggiamento (OE).

Nel 1989 la crisi del mercato USA, che si ripercosse anche in Europa, e la conseguente uscita di United Technology da Diavia, costrinse l'Azienda a trovare in General Motors un nuovo socio, attraverso la AGG, una sua partecipata che nel 1995 cambiò nome in Delphi. La joint venture tra Diavia e il gruppo Delphi Harrison

Thermal cominciò quindi all'inizio degli anni '90 e la completa acquisizione di Diavia da parte di Delphi si concluse nel 1995. Dal 1999 Delphi è divenuta indipendente da GM, la quale vi mantiene soltanto una partecipazione.

1.3 I settori produttivi di Delphi-Diavia

Oltre al settore *aftermarket* lo stabilimento Delphi Harrison Thermal di Molinella è presente sul mercato con altre tre attività:

- Fornitura di impianti di climatizzazione auto OE (Original Equipment);
Oggi a Molinella si producono gli impianti OE per le nuove Alfa 147 e Alfa 156
- Fornitura di impianti di climatizzazione OESA (Original Equipment Special Application: auto sportive, macchine agricole, macchine movimento terra, veicoli commerciali e industriali) Importanti commesse sono state acquisite con Ferrari (con cui la collaborazione è iniziata nel 1992 e la più recente commessa riguarda l'impianto completo per la Ferrari 360 Modena), Fki-Komatsu (macchine movimento terra), Fiat, Landini, Volkswagen;
- Fornitura di ricambi per climatizzatori auto.

I percorsi seguiti per la progettazione degli impianti sono diversi a seconda che si tratti di prodotti destinati all'OE oppure all'*aftermarket*. Nel primo caso la progettazione è standard: sulla base delle informazioni tecniche della casa madre automobilistica viene creato il prototipo da sottoporre ai collaudi e quindi si avvia l'industrializzazione con la messa in produzione in serie. Nel secondo caso risulta più conveniente un processo di ingegneria inversa: si realizza prima il prototipo e lo si alloggia sotto il cofano del veicolo già esistente, poi si passa alla realizzazione della struttura tecnica e dei disegni necessari all'industrializzazione.

Gran parte dei componenti necessari alla realizzazione dell'impianto viene realizzata da produttori specializzati che operano in base alle specifiche e ai disegni forniti da Delphi-Diavia.

Attualmente la gamma di climatizzatori comprende oltre 600 modelli tutti sviluppati su misura in base alle specifiche di ogni singolo veicolo. L'Azienda, certificata

ISO 14000, produce oltre 100 mila impianti completi all'anno soltanto per il comparto *aftermarket*. Gli impianti OE per la nuova Alfa 147 escono dalla fabbrica di Molinella al ritmo di 350 al giorno, quelli per l'Alfa 156 arrivano a 550 al giorno.

Delphi possiede in Italia 5 stabilimenti con 1200 dipendenti e un fatturato di oltre 500 milioni di Euro. Il fatturato complessivo dello stabilimento di Molinella nel corso del 1999 è stato di circa 130 milioni di Euro.

Il fluido frigorifero assorbe nell'**evaporatore (1)**, sottraendola all'abitacolo dell'autoveicolo, la quantità di calore Q_1 evaporando alla temperatura T_e ed alla pressione p_e . Il vapore prodotto viene fatto passare attraverso il **filtro disidratatore (2)** e poi aspirato dal **compressore (3)** e compresso alla pressione p_c con la spesa del lavoro L prelevato dall'albero motore mediante trasmissione a cinghia. Il vapore compresso viene quindi inviato al **condensatore (4)** ove cede la quantità di calore $Q_2=Q_1+L$ all'ambiente esterno, e passa allo stato liquido alla pressione p_c e alla temperatura T_c . Il liquido viene quindi convogliato all'**organo di espansione (5)** in cui si espande dalla pressione di condensazione p_c alla pressione di evaporazione p_e in modo che la sua temperatura si abbassi da T_c a T_e (*effetto frigorifero*) e, quindi, inviato nuovamente all'evaporatore per iniziare un nuovo ciclo.

In teoria si tratta, quindi, del ciclo inverso di Carnot: due isoterme (condensazione ed evaporazione) e due adiabatiche (espansione e compressione); in pratica l'espansione è sostituita dalla laminazione isoentalpica e le altre trasformazioni sono realizzate solo con approssimazione.

Poiché Q_1 e Q_2 sono le quantità di calore cedute nel condensatore ed assorbite nell'evaporatore e T_c T_e le rispettive temperature assolute, il **coefficiente di effetto frigorifero teorico del ciclo** (rapporto tra effetto frigorifero e lavoro speso) risulta:

$$\varepsilon = Q_1 / L = Q_1 / (Q_2 - Q_1) = T_e / (T_c - T_e)$$

Appare dunque conveniente condensare alla più bassa temperatura possibile ed evaporare alla più alta consentita. Per aumentare la portata d'aria coinvolta nello scambio termico delle fasi di condensazione ed evaporazione si introducono dei ventilatori elettrici **(1a) (4a)** in prossimità degli scambiatori di calore .

Il funzionamento a *regime secco (o surriscaldato)*, piuttosto che *umido*, aumenta l'effetto frigorifero, riduce il consumo energetico e facilita la regolazione. In tale funzionamento il compressore aspira vapore saturo secco ed espelle vapore fortemente surriscaldato. Per garantire un migliore funzionamento del compressore, e la protezione dalla corrosione di tutto l'impianto, si introduce quindi il filtro

disidratatore (2).

Per ottenere l'effetto di climatizzazione, il flusso di aria raffreddata dall'evaporatore viene fatto passare per il preesistente **radiatore (R)** dell'impianto di riscaldamento dell'autoveicolo, in modo da potere eventualmente riscaldare di nuovo l'aria dopo averne diminuito il tasso di umidità mediante il condizionatore.

La gestione del riscaldamento, della ventilazione e del condizionamento dell'aria può essere ottimizzata sul piano dell'efficienza dello scambio termico e della riduzione degli ingombri con i moduli compatti HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning) che includono l'evaporatore, il riscaldatore e i necessari ventilatori elettrici.



Il modulo HVAC

2.2 Il compressore

Il compressore, che assorbe energia meccanica dal motore e la impiega per aspirare il fluido frigorifero dall'evaporatore e comprimerlo nel condensatore, costituisce

l'organo fondamentale dell'impianto.

Nell'illustrazione a fianco è riportato il modello V-5 di produzione Delphi Harrison Thermal System, per un tipico impiego automobilistico.



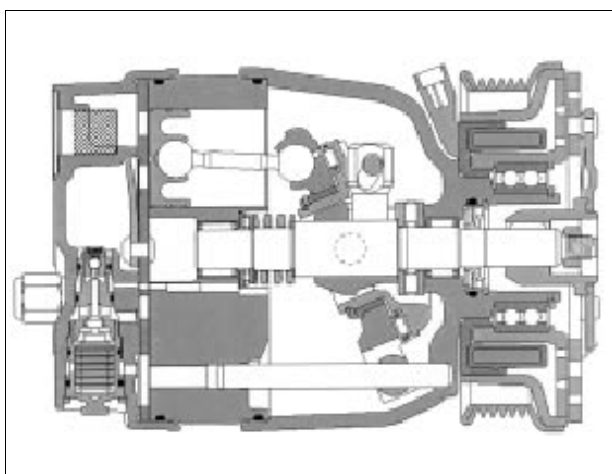
Compressore Delphi mod. V-5

La pagina seguente mostra le principali caratteristiche tecniche del compressore.

V-5 Compressore a cilindrata variabile Delphi

Caratteristiche

Parametri	Specifiche
TIPO:	meccanismo a piastra oscillante con 5 pistoni e variazione continua di cilindrata
POTENZA (2000 RPM):	7511 Watt
CONTROLLO DELLA CILINDRATA:	controllo integrale a valvola pneumatica (varie configurazioni disponibili)
CILINDRATA:	Massima: 156 cc, Minima: 10 cc
DIMENSIONI:	Lunghezza: 205 mm, Diametro: 135 mm
PESO A SECCO :	6,3 kg (con il gruppo frizione)
VELOCITA' OPERATIVE:	MODELLO STANDARD: 6000 rpm, massimo funzionamento cont. 7500 rpm, transitorio MODELLO HIGH SPEED: 7500 rpm, massimo funzionamento cont. 8000 rpm, transitorio
REFRIGERANTE:	R-134a
REGOLAZIONE DELLA VALVOLA DI SICUREZZA:	3171 – 4137 kPa
ROTAZIONE:	Oraria (visto dall'estremità della frizione)



Lo spaccato del compressore V-5

3. La distinta base

3.1 I codici prodotto

Lo schema teorico di un impianto di climatizzazione illustrato in precedenza prevede soltanto i componenti fondamentali per la realizzazione del ciclo frigorifero.

L'effettiva realizzazione di un impianto necessita di numerosi altri componenti elettrici e meccanici, alcuni dei quali servono per la gestione manuale o automatica del funzionamento, altri sono elementi di fissaggio o parti di modifica. Quasi tutti i componenti variano in funzione del modello di autoveicolo per cui sono progettati.

Si esaminano ora più in dettaglio i componenti che è possibile trovare all'interno della scatola di un impianto di climatizzazione che esce dalla linea produttiva dello stabilimento Delphi-Diavia.

L'Azienda gestisce il proprio database mediante un sistema basato sul calcolatore *IBM AS/400*. Ogni prodotto, detto "parte", finale o intermedio, singolo o gruppo di componenti, è identificato da un codice.

La **distinta base** è un documento che riporta l'elenco di tutte le parti che costituiscono un impianto finito. Ogni parte, identificata da un proprio codice, può a sua volta contenere dei sotto livelli composti da altre parti.

3.2 Il codice padre 1xx

Il codice di un impianto finito (detto *codice padre*) comincia sempre con la cifra **1** seguita da due caratteri che identificano la casa automobilistica e da altri caratteri alfanumerici, per esempio: 1BL15897E.

Il codice tipo 1xx è quindi quello che caratterizza il prodotto finito che esce dalle linee di imballaggio dello stabilimento Delphi-Diavia pronto per essere spedito al cliente.

Esempio degli elementi fondamentali di una distinta base:

Distinta Base

Esplosione 1° livello

Codice Parte: 1BL15897E	ROVER 414-416 MY96
Parte	Descrizione
ETHDV00085/1	ETICHETTA NEUTRA GENERICA
SCHBL104	SCHEMA ROVER 414-416 MY96
050025/1	SPESSORE CARTONE 400 X 100 X 50
050028/1	SPESSORE CARTONE 38 X 30 X 3
050031/1	TAMPONE CARTONE 20 X 15 X 11,5
050227/1	SCATX755-Y430-Z590-B/C*3032***
085 015121/1	V5 OR.RO. E118/8 12V
4BL010/1	ROVER 414-416 MY96
5BL008	ROVER 414-416 MY96
6BL010	ROVER 414-416 MY96
7BL77	ROVER NEW 414 / 416 16V

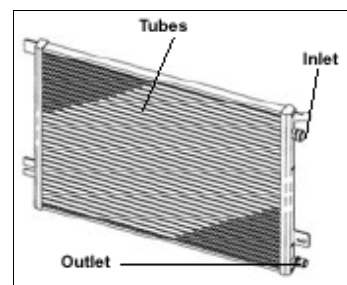
Il codice che inizia con le cifre **085** identifica il compressore. In questo esempio l'impianto utilizza il compressore meccanico a cilindrata variabile modello V-5 in precedenza illustrato.

Le ultime quattro righe della distinta contengono codici che iniziano rispettivamente con le cifre **4, 5, 6, 7.**

I codici tipo 4xx, 6xx, 7xx contengono sempre la scatola e altri componenti.

3.3 Il codice tipo 5xx

Il codice **5xx** identifica il **condensatore di vapore** e solitamente non possiede imballaggio proprio.



Il condensatore di vapore

3.4 Gli elementi di imballaggio (codici tipo 050)

Distinta Base

Esplosione 1° livello

Codice Parte: 1BL15897E	ROVER 414-416 MY96
Parte	Descrizione
ETHDV00085/1	ETICHETTA NEUTRA GENERICA
SCHBL104	SCHEMA ROVER 414-416 MY96
050 025/1	SPESSORE CARTONE 400 X 100 X 50
050 028/1	SPESSORE CARTONE 38 X 30 X 3
050 031/1	TAMPONE CARTONE 20 X 15 X 11,5
050 227/1	SCAT X755-Y430-Z590-B/C*3032***
085015121/1	V5 OR.RO. E118/8 12V
4BL010/1	ROVER 414-416 MY96
5BL008	ROVER 414-416 MY96
6BL010	ROVER 414-416 MY96
7BL77	ROVER NEW 414 / 416 16V

Il codice che inizia con le cifre **050** si riferisce ad un elemento di imballaggio: spessore, tampone o la scatola stessa.

Risulta già da qui evidente che il prodotto finito si presenta come una scatola che contiene altre scatole (tipicamente le scatole dei codici tipo 4xx, 6xx, 7xx), la scatola contenente il compressore e alcuni componenti sfusi non imballati come, ad esempio, il condensatore di vapore e lo schema di installazione dell'impianto.

L'imballaggio dei componenti dell'impianto finito avviene secondo una precisa sequenza. Gli elementi di tamponamento e gli spessori servono infatti ad assicurare il corretto posizionamento dei componenti nella scatola e a garantire la necessaria protezione dagli urti.

3.5 Il codice tipo 4xx

Distinta Base

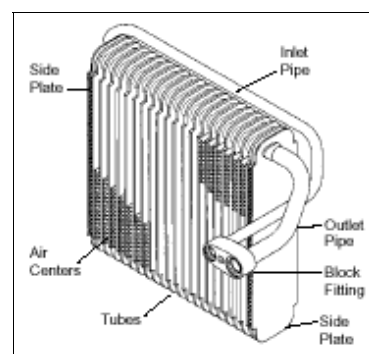
Esplosione 1° livello

Codice Parte: 4BL010/1	ROVER 414-416 MY96
Parte	Descrizione
SITBL182	ISTRUZIONI D'USO ROVER 414 MY96
0281730	COMANDO AC ROVER 414-416 MY96
029452/1	SACCHETTO ACCESS.EVAP.ROVER 414
29614	STAFFA FISS.EVAP.CIVIC RESTYL.
29615	STAFFA FISS.EVAP.CIVIC RESTYL.
030662/1	GRUPPO EVAP. ROVER 414/416 MY96
050025/1	SPESSORE CARTONE 400X100 X 50
050028/1	SPESSORE CARTONE 38 X 30 X 3
050031/1	TAMPONE CARTONE 20 X 15 X 11,5
50218	SCAT. -X 465-Y 320-Z 265-A/B **

Il codice tipo **4xx** identifica il **gruppo evaporatore**

Altri elementi funzionali, ad esempio, che in alternativa o in aggiunta possono fare parte del codice tipo 4xx sono: il gruppo evaporante pre-assemblato (**modulo HVAC**) e il **sacchetto accessori**.

Quasi sempre sono previsti **spessori di cartone** ed una **precisa sequenza di imballaggio**.



L'evaporatore



Il sacchetto accessori



Il modulo HVAC