

Dal ciclo otto ai motori elettrici e alla power unit

Il motore a scoppio

Per motore a scoppio (più propriamente definito motore a combustione esterna), si intende una macchina motrice di tipo endo termico. Quest'ultimo funziona convertendo l'energia chimica, all'interno di una miscela costituita da combustibile e aria (benzina o diesel), in energia meccanica. Questa traduzione di energia avviene per opera dell'albero motore e generalmente il sistema di combustione.

In un motore a scoppio, all'interno della camera di combustione si genererà un'alta pressione, a causa dei gas combusti, che andranno a generare un aumento di volume, andando a spingere il pistone verso il basso; Il movimento del pistone andrà di conseguenza a generare la rotazione dell'albero motore. La miscela che viene impiegata in un motore a scoppio, per generare la combustione è appunto il combustibile. Esistono diverse tipologie di combustibili impiegati per la combustione dei motori a scoppio; si può utilizzare la benzina, il gasolio, il GPL o altri tipi di derivati del petrolio. L'ossigeno presente nell'aria, avrà la funzione di agire come comburente.

A seconda di quello che sarà il tipo di combustibile impiegato per il funzionamento di un motore a scoppio, andranno di conseguenza a variare le caratteristiche del motore e il suo impiego.

Le caratteristiche del motore a scoppio

Per comprendere le caratteristiche del motore a scoppio, sarà fondamentale comprendere prima di tutto il funzionamento del pistone. Quest'ultimo scende nel cilindro effettuando una sorta di aspirazione, esattamente come una comune pompa aspirante; la miscela viene nebulizzata e tramutata in una nebbiolina caratterizzata da tante piccole goccioline di benzina sospese nell'aria. L'entrata avverrà attraverso un'apposita valvola, detta appunto valvola di aspirazione. Quest'ultima si aprirà con un comando del motore.

Una volta che il pistone sarà giunto in fondo al cilindro, il pistone verrà spinto verso l'alto della manovella alla quale esso è congiunto. In questa condizione, entrambe le valvole saranno chiuse e il cilindro risulterà chiuso ermeticamente. Il pistone dunque salendo, andrà a comprimere la miscela in un volume 7, 8 volte minore del volume precedente. Quando poi il pistone sarà giunto quasi all'estremità della sua corsa, la candela farà scoccare una scintilla elettrica tra due puntine metalliche. La miscela andrà a bruciare con grande rapidità, trasformandosi in gas; a questo punto, le altissime temperature che si svilupperanno saranno in grado di far espandere i gas che andranno a premere sulla camera di scoppio.

La parete del pistone andrà a cedere, ed esso verrà spinto in basso. Grazie alla biella, il pistone darà luogo alla rotazione dell'albero a gomiti e questo attiverà tutti gli organi della trasmissione. L'albero a gomiti sarà spinto dal volano, e spingerà nuovamente il pistone verso l'alto; nello stesso tempo la valvola di scarico si aprirà; lo stantuffo potrà in questo modo spingere all'esterno tutti i gas bruciati. Una volta giunta all'estremo superiore, la valvola di scarico andrà poi a richiudersi, e allo stesso tempo la valvola di aspirazione si aprirà, dando luogo ad un nuovo ciclo di combustione. La miscela verrà compressa nel cilindro prima di essere bruciata, poiché quando essa sarà incendiata, si trasformerà in gas. Questi ultimi saranno enormemente compressi in poco spazio, andando a premere sul cilindro e il pistone con una grande potenza.

Il primo motore a combustione interna

Nel 1854, i lucchesi Eugenio Borsanti e Felice Matteucci, costruirono il primo motore a combustione interna della storia.

Tutto iniziò quando Borsanti, già insegnante collegio San Michele di Volterra, durante un esperimento riempì un contenitore con una miscela gassosa e lo sigillò con un tappo di sughero, poi fece scoccare in esso una scintilla: la fiamma incendiò i gas, aumentandone il volume, e questo provocò uno scoppio che fece saltare il tappo. Non era la prima volta che si osservava questo fenomeno, ma Barsanti fu il primo ad avere l'idea di usarlo per trasformare l'energia termica in energia meccanica, facendo girare un motore, e fu il primo a capire che questo motore sarebbe stato più efficace e meno ingombrante di quelli a vapore.

Quando Barsanti conobbe Felice Matteucci, esperto di ingegneria idraulica e meccanica, collaborarono per la realizzazione di una macchina in grado di ripetere ciclicamente la trasformazione della forza esplosiva in meccanica.

Nel 1854 realizzarono il loro modello di motore, composto da un cilindro in ghisa munito di stantuffo (pistone che scorre all'interno del cilindro) e valvole, che permise ai due ingegneri italiani di studiare quali fossero gli effetti del miscuglio di ossigeno ed idrogeno, aria e idrogeno e infine aria e gas luce che proiettava il pistone in aria.

Dagli esperimenti che fecero, si capì che mancava la fase di compressione, che invece fu aggiunta nel 1861 dall'inventore francese Alphonse Beau de Rochas (1815-1893). La mancanza della fase di compressione comportava che la fase di aspirazione terminasse precocemente con la chiusura della valvola di aspirazione prima che il pistone raggiungesse metà corsa, al che scoccava la scintilla e la combustione spingeva il pistone per la restante corsa, approfittando poi della depressione per farlo risalire. Ciò avveniva a causa della condensazione dei gas che producevano un vuoto e quindi era la pressione atmosferica a garantire che il pistone tornasse indietro. Come si può dedurre, questo ciclo era davvero poco efficiente.

Le prime applicazioni pratiche dei motori a combustione interna furono come motori marini fuoribordo. Questo perché il principale impedimento all'applicazione pratica del motore a combustione interna in veicoli terrestri era il fatto che, a differenza del motore a vapore, non poteva partire da fermo. I motori marini non risentono di questo problema, essendo le eliche esenti da un rilevante momento di inerzia. Dopo anni di sperimentazioni, solo nel 1899 apparvero delle vere frizioni in grado di far partire un veicolo terrestre da fermo senza doverlo spingere manualmente: ciò diede l'effettivo impulso allo sviluppo dell'automobile.

Altri motori a combustione interna

Successivamente nel 1860, il francese Lenoir, costruì un motore "a doppio effetto", ovvero dotato di una particolare distribuzione a cassetto. In esso, la miscela era costituita da aria e gas illuminante, che veniva aspirata dal pistone all'interno della camera di combustione.

Questo avveniva per circa metà corsa; successivamente una scintilla elettrica si accendeva, andando ad incendiare il combustibile, che a sua volta andava a spingere lo stantuffo per la seconda metà del percorso; in questo modo veniva compiuto un giro utile. Essendo il rendimento di questo motore del 4%, questo motore si diffuse moltissimo.

Il Ciclo Otto

Nel 1876, i tedeschi E. Langen e A. Otto, costruirono un motore verticale a stantuffo libero, assolutamente analogo a quello degli italiani Barsanti e Matteucci; tuttavia il motore dei tedeschi era leggermente differente, per via di alcuni accessori. In particolare lo speciale innesto tra l'albero motore e il rocchetto, andava a controllare il movimento dello stantuffo.

Il motore fu chiamato il Ciclo Otto, infatti prende il nome dall'ingegnere che lo costruì, ed è quello che è normalmente usato nei motori a combustione interna (detti anche motori a scoppio o motori a quattro tempi) delle nostre automobili.

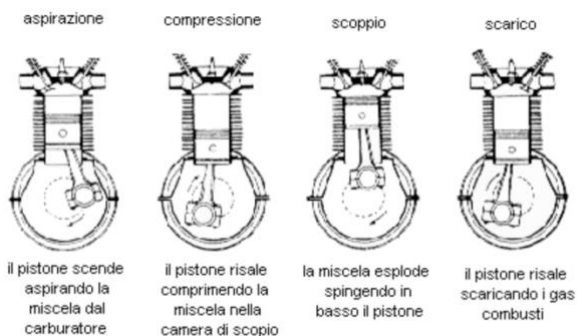
Esso avviene in un cilindro dotato di pistone: il pistone è collegato a un albero mediante un sistema biella-manovella, che trasforma il moto alternativo del pistone in moto rotatorio, trasmesso poi alle ruote dell'automobile. Il cilindro inoltre è anche dotato di valvole di immissione del carburante e di valvole di scarico dei gas combusti, oltre ad una candela elettrica in grado di far scoccare una scintilla. Si vede infatti che il motore funziona attraverso quattro fasi o tempi.

Fase 1 (aspirazione, raffreddamento isocoro): lo stantuffo si muove verso il basso e crea una depressione; si apre la valvola di immissione ed il combustibile, proveniente dal carburatore, è aspirato dentro il cilindro.

Fase 2 (compressione adiabatica): dopo essere arrivato a fine corsa, cioè a quello che si chiama il punto morto inferiore, il pistone torna su spinto dall'albero; entrambe le valvole sono chiuse e la miscela viene fortemente compressa.

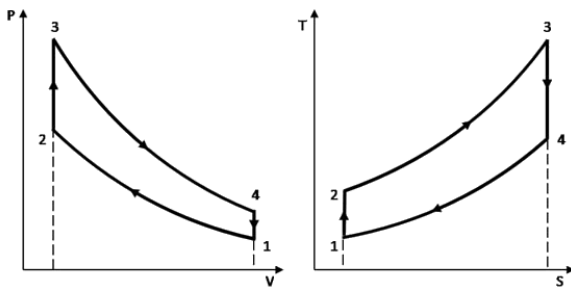
Fase 3 (scoppio ed espansione adiabatica): quando il pistone raggiunge il punto più alto della sua corsa, cioè a quello che si chiama il punto morto superiore, la candela fa scoccare una scintilla, e ciò provoca l'esplosione della miscela che si espande e spinge il pistone verso il basso.

Fase 4 (scarico, riscaldamento isocoro): il pistone risale e la valvola di scarico si apre, cosicché i gas combusti vengono spinti fuori, verso il tubo di scappamento.

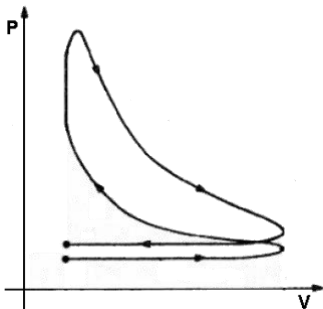


In realtà, una sola fase è attiva, cioè è in grado di spingere il pistone: lo scoppio. Ma un intero ciclo dura ben due giri completi dell'albero. Per assicurare il funzionamento continuo del motore, sull'albero sono calettati quattro cilindri che si trovano ciascuno in una fase diversa, in modo che contemporaneamente il primo sarà in fase di aspirazione, il secondo in fase di compressione, il terzo in fase di scoppio ed il quarto in fase di scarico. Subito dopo il primo passerà in fase di compressione, il secondo di scoppio, il terzo di scarico e il quarto di aspirazione; e così via. Il moto dell'albero motore comanda anche le valvole e la candela. Infatti l'albero motore è collegato a due alberi a camme, visibili nell'animazione qui sopra, che ruotando aprono e chiudono le valvole di immissione e di scarico in perfetta sincronia con le fasi del motore a scoppio. Anche le candele emettono una scintilla nel momento giusto, cioè in corrispondenza alla fine della fase di compressione, grazie ad uno strumento chiamato spinterogeno, anch'esso collegato all'albero motore.

Il Ciclo Otto dunque risulta formato da due isocore e due adiabatiche:



Però bisogna considerare che il ciclo tracciato è assolutamente ideale e il gas in esso non cambia mai. Infatti in realtà, nel ciclo Otto la miscela di carburante e ossigeno proveniente dal carburatore viene completamente bruciata, e non si possono reimmettere nel cilindro i prodotti di combustione per chiudere il ciclo. Il Ciclo Otto reale insomma è aperto:

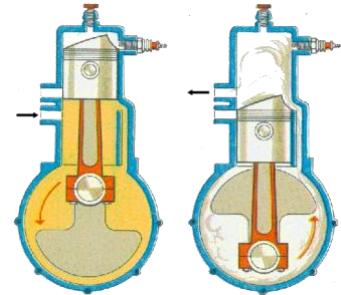


Il motore a scoppio a due tempi

Esiste un'altra versione del Ciclo Otto, il cosiddetto motore a scoppio a due tempi. Esso funziona attraverso due sole fasi, durante il quale l'albero motore compie un giro solo. Il cilindro possiede tre aperture prive di valvole, chiamate luci di immissione, di lavaggio e di scarico. Esse sono aperte e chiuse non dalle valvole, come nel motore a quattro tempi, ma dal pistone stesso durante il suo movimento. Senza valvole, mancano gli alberi a camme, mentre la presenza della candela per incendiare la miscela richiede uno spinterogeno. Il pistone, inoltre, possiede uno speciale profilo deflettore che ha il compito di evitare la mescolanza dei gas combusti con la miscela fresca. La miscela non passa direttamente dal carburatore al cilindro, ma viene prima aspirata e compressa nel carter, cioè nella porzione del cilindro al di sotto del pistone, dove ruota il sistema biella-manovella.

Nella prima fase, all'inizio della corsa verso il punto morto inferiore, la luce di lavaggio si apre e la miscela fresca che si trova nel carter viene compressa e spinta nel cilindro, al di sopra del pistone. Nel contempo si apre la luce di scarico e la miscela fresca che entra effettua il lavaggio, contribuendo a spingere fuori i gas combusti del ciclo precedente. In fase di risalita le luci di lavaggio e di scarico si chiudono e ha inizio la compressione, mentre si apre la luce di immissione, al di sotto del pistone, che richiama la miscela dal carburatore entro il carter per effetto della depressione generata dalla salita del pistone. Quando il pistone è quasi giunto al punto morto superiore, si verifica lo scoppio ed inizia la seconda fase. Spinto dai gas che si espandono, il pistone inizia la corsa verso il basso ed apre prima la luce di scarico, attraverso la quale i gas combusti sono pompato verso il tubo di scappamento, e poi quella di lavaggio, attraverso la quale inizia l'ingresso della miscela fresca che si completerà, durante la successiva risalita.

Nonostante nel motore a due tempi si abbia una fase attiva ogni giro, anziché ogni due come in quello a quattro tempi, a parità di cilindrata la potenza ottenuta è inferiore. Ciò dipende, fra l'altro, dall'impossibilità di un perfetto riempimento del cilindro (fughe di miscela fresca dalla luce di scarico, presenza di residui di gas combusti) e dal fatto che la luce di scarico si apre quando è ancora in atto l'espansione dei gas combusti. Per questi motivi questo ciclo è stato oggetto di numerosi perfezionamenti, dall'introduzione di un sistema di valvole di distribuzione, come nel motore a quattro tempi, all'utilizzo di camere di precompressione per la miscela da introdurre nel cilindro. Essendo privo di alberi a camme, il motore a scoppio a due tempi è più semplice da realizzare di quello a quattro tempi ed occupa meno spazio, per cui è solitamente installato sui ciclomotori e nei motori fuoribordo.



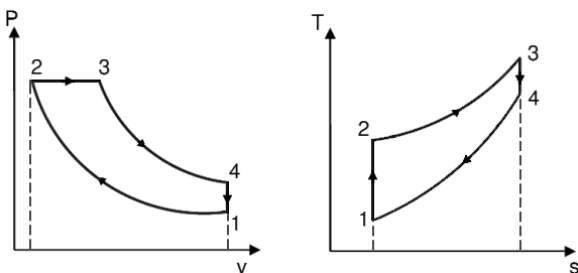
Il Ciclo Diesel

Un altro ciclo molto utilizzato è il Ciclo Diesel, così detto dal suo inventore, il tedesco Rudolf Diesel (1858-1913), che lo mise a punto nel 1892. È formato da due adiabatiche, un'isocora e un'isobara, perchè la fase di scarico avviene a volume costante, non a pressione costante, anche se in realtà anch'esso è un ciclo aperto, non potendosi bruciare nuovamente il combustibile esausto.

Il suo ciclo viene svolto in due giri di albero motore, e comprende delle valvole mosse dall'albero a camme, come nel motore a scoppio, ma è privo di candele. Infatti lo scoppio avviene per mera compressione del combustibile, che non è più benzina come nel Ciclo Otto, ma gasolio, molto più facilmente infiammabile. Questo però richiede un rapporto di compressione molto maggiore di quello del Ciclo Otto, proprio perchè il combustibile va compresso molto più fortemente, per esplodere senza bisogno di scintille.

Con il termine rapporto di compressione si intende il rapporto tra il massimo ed il minimo volume del cilindro, cioè tra quello misurato al punto morto inferiore e quello misurato al punto morto superiore; per il Ciclo Otto esso vale circa 8, mentre per il Ciclo Diesel esso deve valere almeno 20. L'assenza di candele comporta l'assenza dello spinterogeno; tuttavia, i moderni motori Diesel contengono le cosiddette candelette di preaccensione, che riscaldano la miscela favorendone lo scoppio.

Sempre nei motori Diesel moderni si ricorre alla cosiddetta sovralimentazione, onde introdurre una maggior quantità di ossigeno all'interno della camera di scoppio per poter bruciare una maggior quantità di combustibile ad ogni ciclo. Per ottenere questo risultato si ricorre ad un turbocompressore collegato al collettore di aspirazione: esso comprime l'aria che verrà immessa poi nel cilindro. Il compressore centrifugo è trascinato dalla turbina a gas di scarico calettata sullo stesso asse, che espande i gas combusti in uscita dal cilindro del motore.



Esiste anche un Ciclo Diesel a due tempi, oggi impiegato quasi esclusivamente per la propulsione delle navi: il suo ciclo corrisponde ad un giro di albero motore esattamente come nei motori a

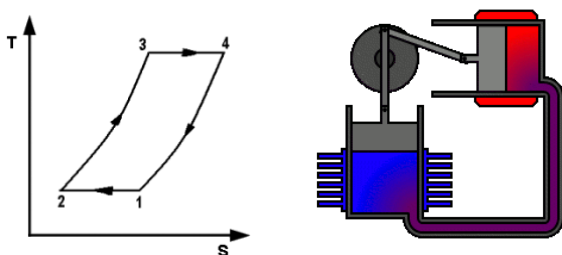
scoppio a due tempi, ed è detto anche Ciclo Sabathé. In esso la combustione avviene in parte a pressione costante ed in parte a volume costante.

Il Ciclo Stirling

Un altro ciclo di interesse industriale è il Ciclo Stirling, così detto dall'inventore scozzese Robert Stirling (1790-1878), che nel 1816 inventò il cosiddetto Motore a Combustione Esterna. Questo ciclo è formato da due isoterme e due isocore, e il calore viene trasmesso al fluido attraverso uno scambiatore (da cui il nome di "motore a combustione esterna"). Il motore funziona a ciclo chiuso utilizzando un gas come fluido termodinamico, solitamente aria, oppure, nelle versioni ad alto rendimento, idrogeno o elio. Quando è raggiunta una sufficiente differenza di temperatura tra la sorgente calda e la sorgente fredda, si innesca una pulsazione ciclica, trasformata in moto alternato dai pistoni.

La pulsazione perdura finché si mantiene la differenza di temperatura, assorbendo calore dalla sorgente calda e cedendone alla sorgente fredda. L'assenza di contatto diretto fra la miscela dei gas combusti e tutte le parti meccaniche in movimento ne riduce l'usura, la necessità di lubrificazione e la conseguente manutenzione.

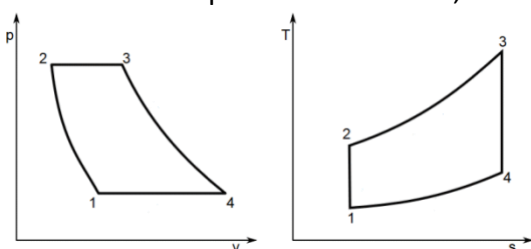
Il motore inoltre non ha valvole e non subisce scoppi, quindi è più semplice, con vibrazioni più facilmente controllabili e molto meno rumoroso di un motore a combustione interna. Inoltre può essere alimentato con una qualsiasi fonte di calore, e cioè la combustione di legna, carbone, gas, biogas, combustibili liquidi, energia solare ed energia nucleare. Tuttavia la combustione esterna, richiedendo scambiatori di calore sia alla sorgente calda sia alla sorgente fredda, rende il motore di Stirling in generale più ingombrante e pesante di un generico motore a combustione interna a parità di potenza erogata, e il suo avviamento è lento.



Il Ciclo Ericsson e il Ciclo Brayton

Il Ciclo Ericsson, ideato nel 1829 dall'inventore svedese John Ericsson (1803-1889), è invece formato da due isoterme e due isobare, e si compone di 4 fasi: compressione isoterma, riscaldamento isobaro, espansione isoterma e raffreddamento isobaro.

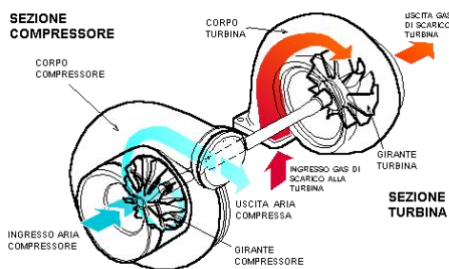
Molto simile ad esso, infine, è il cosiddetto Ciclo Brayton, così detto perché brevettato nel 1872 dall'ingegnere statunitense George Brayton (1830-1892). Esso si compone di due adiabatiche e due isobare, e comprende quattro fasi: compressione adiabatica del gas in un compressore, riscaldamento isobaro, espansione isoentropica del gas in una turbina, raffreddamento isobaro. I motori Brayton sono a combustione interna e a ciclo aperto: il compressore aspira aria dall'ambiente aumentandone la pressione senza scambi di calore con l'esterno; si inietta il combustibile che brucia alzando la temperatura del fluido, ma non la pressione che invece resta costante; il fluido caldo si



espande in una turbina cedendo ad essa lavoro meccanico e diminuendo la propria pressione e temperatura; infine, il fluido uscente dalla turbina a pressione ambiente si raffredda nell'atmosfera. Si basa sul ciclo Brayton il funzionamento del turbocompressore, noto semplicemente come "motore turbo". Esso deve il suo nome al fatto che è costituito da un compressore trascinato da una turbina, azionata dai gas di scarico del motore; per funzionare, quindi, non assorbe potenza dal motore. Il motore turbo è infatti composto da un corpo centrale di sostegno e due chioccioline; nella chiocciola di scarico è contenuta una turbina detta impeller azionata dai gas di scarico, che trasmette il suo movimento tramite un albero alla girante racchiusa nella chiocciola opposta, la quale comprime l'aria aspirata funzionando da compressore. A causa della sua altissima velocità di rotazione, che arriva a 600 m/s, la girante è soggetta a forti sollecitazioni meccaniche, che impongono un'elevata resistenza strutturale dei materiali. Nella turbina l'aria viene fortemente accelerata e, per effetto del campo centrifugo, subisce una forte compressione, con conseguente innalzamento della sua temperatura fino a quasi 300°C. Anche questo ciclo in realtà è aperto, perchè i gas combusti non possono certo rientrare in ciclo.

Il primo motore turbo fu messo a punto nel 1885 dall'ingegnere tedesco Gottlieb Daimler (1834-1900), e successivamente brevettato dallo svizzero Alfred Büchi (1879-1959) nel 1905.

I piccoli motori turbo per impiego automobilistico apparvero negli anni '60, per iniziativa di alcuni costruttori come l'Alfa Romeo, e in seguito furono largamente adottati nelle competizioni automobilistiche, poiché garantivano prestazioni elevatissime.



Il motore elettrico

Il motore elettrico è una macchina elettrica rotante che trasforma l'energia elettrica in energia meccanica; è costituito da una parte fissa, detta statore, e da una parte mobile, detta rotore, che può ruotare attorno a un asse. Questi componenti generano un campo magnetico, in alcuni casi anche grazie all'uso di magneti.

Le forze elettromagnetiche che lo statore esercita sul rotore creano una coppia motrice che agisce in un piano normale all'asse di rotazione. Tale coppia fa ruotare l'asse e, con esso, il carico meccanico che vi è collegato.

I motori elettrici possono essere classificati seguendo determinati criteri facendo riferimento a diversi aspetti:

Classificazione secondo il tipo di funzionamento elettrico:

- a corrente continua, a eccitazione indipendente o in derivazione (serie, parallela o shunt, composta)
- a corrente alternata, sincroni, a induzione, a collettore, monofase e trifase.

I motori che trovano più largo impiego sono quelli a corrente alternata. I motori in corrente continua sono utilizzati quando l'applicazione richiede la regolazione della velocità di rotazione, oppure una coppia elevata anche in presenza di variazioni della tensione di alimentazione.

Classificazione secondo la variazione di velocità:

- a velocità costante;
- a velocità regolabile;
- a velocità variabile;
- a velocità variabile e regolabile;
- a più velocità.

Classificazione secondo il campo di applicazione:

- normali, che possono essere utilizzati nelle applicazioni più comuni;
- speciali, che vengono realizzati con accorgimenti particolari per particolari condizioni ambientali o di impiego.

Classificazione secondo le condizioni di montaggio:

- per fissaggio a pavimento, a parete, a soffitto;
- per accoppiamento frontale alla carcassa, per mezzo di una flangia;
- ad albero verticale.

Di solito il motore è provvisto di una targa (incollata o fissata con viti o chiodi) che ne riporta le caratteristiche principali: tipo, tensione e potenza nominale, numero di giri, sigla commerciale del costruttore

A volte è riportata la sola sigla commerciale e il tecnico deve reperire le informazioni sui fogli tecnici forniti dal fabbricante. Le forme costruttive sono molto varie e le dimensioni dipendono dalla potenza erogata, dal tipo di applicazione e dalle condizioni ambientali di impiego del motore



Il funzionamento del motore elettrico

Il principio di funzionamento del motore si basa sul fenomeno dell'induzione elettromagnetica. Questo processo è l'inverso di quanto avviene nella dinamo o nell'alternatore: essi trasformano energia meccanica in energia elettrica (più precisamente, in corrente elettrica, continua nel caso della dinamo, alternata nel caso dell'alternatore).

Il motore elettrico funziona mediante una sorgente di corrente continua, come ad esempio una pila o una batteria di pile. I dispositivi collegati alla presa di corrente domestica, sorgente di corrente alternata, hanno al loro interno dei trasformatori per abbassarne il voltaggio, e un raddrizzatore per trasformarla in corrente continua. All'interno del motore sono presenti tre componenti fondamentali: un involucro o armatura, contenente delle calamite; un rotore o parte rotante, attorno alla quale sono avvolte numerose bobine di filo conduttore; e le spazzole, cui andrà collegata la sorgente di differenza di potenziale e che sfiorano il rotore. Le calamite dell'armatura sono poste di modo che una di esse rivolga il proprio polo

Collegando le spazzole ad una pila, esse fanno scorrere corrente elettrica nel rotore, la quale passerà attraverso le bobine. Secondo la legge di Biot-Savart, un filo percorso da corrente genera un campo magnetico (è il principio alla base dell'elettromagnete): la bobina posta sul rotore quindi si trasformerà in un vero e proprio magnete. Il motore è costruito di modo che il campo magnetico generato dalla corrente che percorre la bobina sia concorde a quello presente nelle calamite nell'armatura: una bobina posta di fronte al polo dell'armatura verrà percorsa da corrente di modo che il campo magnetico in essa generato opponga all'armatura il proprio polo

Per le leggi di base del magnetismo, poli concordi si respingono, mentre poli discordi si attraggono: la bobina di fronte alle calamite dell'armatura verrà dunque respinta, imprimendo una rotazione al rotore.

Dopo una parziale rotazione del rotore, le spazzole sfiorano i propri contatti in parti inverse, facendo scorrere la corrente attraverso le bobine nel verso opposto: il campo magnetico presente nella bobina quindi invertirà i propri poli. Ma questo è necessario per mantenere la rotazione: se la polarità non cambiasse, la bobina non verrebbe respinta dall'armatura (anzi, ne verrebbe attratta), e il processo si arresterebbe. Abbiamo così trasformato energia elettrica (la corrente) in energia meccanica (la rotazione).

Perché è meglio il motore elettrico in rispetto a quello a scoppio?

I motivi per preferire un motore elettrico rispetto ad uno endotermico, benzina o diesel che sia sono molti; ecco i principali:

- il motore a scoppio è formato da circa duecento componenti, quello elettrico in genere da solo due, lo statore ed il rotore. Questo si traduce in minori attriti, maggiore efficienza, maggiore affidabilità, minori guasti. Quello che non c'è non si può rompere...
- Il motore elettrico consuma poco: si fa un pieno con meno di due euro.
- Le auto elettriche non pagano il bollo (tassa di proprietà) per cinque anni e poi solo la metà.
- Le auto elettriche non pagano i parcheggi nelle zone a strisce blu.
- Le auto elettriche hanno sconti sull'assicurazione.
- L'intervallo per il tagliando di manutenzione di un motore elettrico è di 500.000 Km, quello per i motori a scoppio è di 20-30.000.
- Il motore elettrico non ha parti da sostituire regolarmente (come le candele ad esempio, le pompe, i filtri, i lubrificanti) per poter funzionare. I "tagliandi" diventano un semplice controllo annuale, senza brutte sorprese, per controllare che tutto sia in ordine, conforme alle specifiche iniziali e perfettamente funzionante.
- Il motore a scoppio per funzionare ha bisogno di altri sistemi accessori: filtri, lubrificanti, pompe, sistemi di silenziamento (marmitte), sistemi di raffreddamento (radiatore, pompa, ventilatore, liquido di raffreddamento), catalizzatori, valvole, iniettori, candele eccetera, che a loro volta richiedono manutenzione o sostituzione periodica. Tutto questo nel motore elettrico non c'è più: non richiede liquidi o refrigeranti, non ci sono elementi che vanno sostituiti periodicamente, non ha bisogno di marmitte e dispositivi antiinquinamento, non emette particolato o gas (CO₂) o residui incombusti, è silenzioso...
- Il motore elettrico è ecologico perchè non inquina, nè direttamente nè indirettamente. Quello a scoppio inquina sia direttamente (con i gas di scarico) che indirettamente (con i filtri, gli oli esausti etc.)
- Il motore elettrico è silenzioso e non inquina acusticamente, emette solo un ronzio. La silenziosità del motore elettrico in realtà è figlia dell'assenza di attriti interni e della maggiore efficienza.
- Il motore elettrico fornisce direttamente energia meccanica "in rotazione" nel senso che quando funziona ruota di per sè senza bisogno di organi meccanici che trasformino il movimento da lineare alternato (pistoni, bielle, alberi a cammes) in movimento rotatorio. Tutti questi componenti generano attriti e rumore, che significano minore efficienza e minore affidabilità.
- Il motore elettrico fornisce la coppia massima proprio quando serve, ovvero quando sta per mettere in movimento il veicolo. Il motore a scoppio invece, secondo varie modalità, fornisce la coppia massima al massimo numero di giri, quando serve molto meno. Questo

vuol dire che motori elettrici anche di potenza massima minore possono fornire una "coppia" considerevole fornendo agilità e ripresa.

- Durata. Un motore elettrico durerà tranquillamente fino a cento anni. I suoi componenti, a meno dei cuscinetti, infatti non si deteriorano. Un'auto con motore elettrico diventa un bene durevole.
- I motori elettrici non sono soggetti né alle zone a traffico limitato né ai blocchi del traffico.
- In frenata il motore elettrico produce energia ed i freni dureranno di più.
- Un motore elettrico, in frenata e quando è fermo, non consuma. Questa caratteristica naturale dei motori elettrici è stata copiata ed introdotta nei motori endotermici di ultima generazione con il "cut-off" che blocca l'afflusso di carburante quando si solleva il piede dall'acceleratore ed il sistema "start-stop" che spegne il motore quando l'auto è ferma e lo rimette in moto quando si preme sull'acceleratore, introducendo ritardi sulla partenza ed in qualche caso, come la partenza in salita, qualche problema di gestione per il conducente. Inoltre ovviamente comportano una maggiore complessità del motore, costi maggiori (spesso sono offerti come optional) e comunque consumano picchi di energia elettrica per far ripartire l'auto, energia che è prodotta dal generatore e che quindi "costa".

La Power Unit

Già dal 2014 il regolamento ha imposto alle automobili di Formula 1 stretti limiti alle quantità di benzina utilizzabile in gara. Perciò gli ingegneri hanno dovuto sviluppare nuovi metodi per convertire in lavoro utile il più possibile dell'energia del carburante. Perciò sono riusciti a creare la Power Unit: non si tratta più di un motore, ma di un sistema integrato di macchine termiche e motori elettrici. Questa è formata da un motore elettrico, chiamato MGU – H che è posto davanti al turbocompressore e ne va a raccogliere l'energia ogni qualvolta il regime di rotazione diminuisce (si parla di oltre 120.000 giri al minuto) per fornirla quando serve come spinta pronta. Vi è poi la presenza dell'MGU – K che va a recuperare l'energia in fase di frenata, che viene utilizzata per compensare le risposte della turbina in fase di accelerazione.

In buona sostanza si tratta di un insieme di componenti capaci di recuperare l'energia cinetica non utilizzata e di ri – convogliarla per alimentare l'auto nella misura, stabilita per regolamento, di 33" per giro. Praticamente le monoposto con le Power Unit diventano dotate di motori ibridi veri e propri, che uniscono le potenzialità del motore endotermico in senso stretto e quelle della componente elettrica vera e propria.

Senza questi dispositivi di recupero il motore a benzina disperderebbe nell'ambiente almeno il 70% dell'energia di combustione: questo scarto viene dunque riutilizzato, ma non integralmente. Per il secondo principio della termodinamica, infatti, ogni volta che una macchina termica produce lavoro prelevando calore da una sorgente più calda, deve cedere un po' del calore assorbito a una sorgente più fredda.

L'energia che inizialmente è disponibile a una temperatura più elevata e che in parte è convertita in lavoro utile viene sempre "degradata" a una temperatura più bassa.

I componenti della Power Unit

Le componenti principali della Power Unit sono l'MGU – H e l'MGU – K, posti in due punti differenti:

- MGU – H ha la funzione di andare ad accumulare l'energia che la diminuzione dei giri della turbina del turbocompressore disperderebbe e di utilizzarla in accelerazione vera e propria, una sorta di 'scorta' di potenza in poche parole.
- MGU – K invece accumula l'energia che, in fase di frenata, verrebbe stoccata nella batteria e la rende disponibile subito allo scopo di compensare i ritardi di risposta della turbina in

ripresa. L'MGU -K sostituisce una vecchia tecnologia già presente sulle vetture di Formula 1, il KERS. Quest'ultimo occupava del solo recupero dell'energia cinetica dispersa in frenata per renderla disponibile come energia lavoro vera e propria. Con la Power Unit le funzioni sono state separate in senso collaborativo tra i due componenti citate, ponendole in due punti differenti del motore endotermico delle monoposto.

Lo scopo del gioco è in ogni caso sempre riuscire a elevare all'ennesima potenza le vetture, mantenendo i limiti imposti dal regolamento di 33" per giro e completare la gara con 100 kg (o meno) di benzina consumata. La turbina riesce a toccare vette spaventose di rotazione e questa unità elettrica complessa riesce a inglobare energia che altrimenti andrebbe persa in gran parte.

Qual è la migliore Power Unit

L'avvento della nuova tecnologia a livello di propulsione si è avuta nel 2014 e un nome su tutti si è imposto come leader indiscusso della nuova tecnologia: Mercedes. Sin da subito i piloti di scuderia hanno potuto contare su auto dalle prestazioni notevolmente migliorate, segno che il lavoro di sperimentazione ha dato i suoi frutti sul campo in maniera evidente.

In gara e in qualifica il distacco che i motori tedeschi potevano vantare era abbastanza notevole e questo range evidente oggi è insidiato da Ferrari; la scuderia italiana ha raggiunto Mercedes per mettere in evidenza come si può anche combattere ad armi pari quando la tecnologia è accessibile a tutti gli addetti ai lavori.

Power Unit Ferrari

Per la Ferrari il progetto di base rimane chiaro che comunque è lo stesso per tutte le scuderie, cambia il modo in cui può essere gestito in gara e in qualifica. La Power Unit della Ferrari sfrutta un recupero proporzionale dell'energia da parte dell'MGU – K, in buona sostanza meno si frena, meno energia viene recuperata e così via in funzione di quando il freno viene utilizzato.

Una piccola rivoluzione che in un certo senso alleggerisce il lavoro della componente elettrica del propulsore e rende più fluida un'erogazione della potenza che lasciava un po' a desiderare. Il tutto si è trasformato nel recupero di un evidente gap che Mercedes poteva vantare a suo favore.

Giusto per citare dei numeri e delle percentuali, Ferrari è riuscita a migliorare il rendimento in alcune situazioni del 25%, il che è assolutamente evidente.

E' cambiato anche il modo in cui le curve vengono affrontate, i piloti hanno la possibilità di buttarsi a capofitto potendo contare su di una potenza 'pronta'.

Alcune Power Unit messe a confronto

Quello che ancora rimane visibile è la leggera superiorità di Mercedes in qualifica. I numeri che la scuderia tedesca ottiene mettono in evidenza come ancora ci sia da lavorare in questo senso. Ma per quello che riguarda la gara in senso stretto la Ferrari afferma che si tratta di un gioco alla pari e che la sua tecnologia, oggi, è perfettamente allo stesso livello delle concorrenti.

Innanzitutto, le criticità di queste PU sono sostanzialmente due, entrambe legate alla necessità di mantenere bassi i consumi:

- il dover lavorare con miscele ultra-magre, che spostano il campo al di fuori del ciclo Otto verso altri cicli (ad esempio: Miller, Atkinson) che però comportano notevoli difficoltà visti i limiti regolamentari in termini di imbiellaggio e di distribuzione. Ciò prevede quindi studi ed applicazioni di fluidodinamica molto spinti per ottenere il massimo rendimento (conformazione delle camere di scoppio, caratteristiche dell'iniezione, incrocio delle fasi di carico/scarico).

- il dover recuperare il massimo dell'energia dai gas di scarico (che però contrasta con l'applicazione dei cicli Miller e Atkinson che diminuiscono la quantità di calore residua dei gas). Ciò invece necessita di una completa integrazione tra le componenti termomeccaniche ed elettriche, per favorire e massimizzare la cogenerazione.

Mercedes e Ferrari hanno compreso bene le problematiche ed hanno realizzato PU che sfruttano al meglio la quantità di energia disponibile alla fonte (i famosi 100 kg di benzina).

Renault invece ha problemi termodinamici e paga le escursioni verso le zone alte di rendimento (intese come smagrimento della miscela, aumento del rapporto di compressione, numero dei giri e quindi efficienza del ciclo) o con consumi eccessivi o con mancanza di affidabilità, per cui deve comunque ridurre la potenza massima per arrivare in fondo.

Honda invece pare soffrire ora del problema opposto: abbandonate certe esasperazioni della prima fase, è passata probabilmente ad un'applicazione del ciclo meno spinto, e probabilmente paga meno del Renault. Purtroppo le limitazioni derivanti dall'adozione di un turbo di ridotte dimensioni impediscono di recuperare molta energia dai gas di scarico da inviare verso il motore elettrico della MGU-H, e per questo paga molto soprattutto nei tratti ove è richiesto un trasferimento continuo di energia dalla turbo-soffiante al generatore elettrico e da qui al motore elettrico K.