

Sistemi di lubrificazione per turbine a vapore

Nelle turbine a vapore l'olio, oltre ad assolvere la funzione più importante di limitare le conseguenze dell'attrito e l'usura delle superfici a contatto, deve agire anche come mezzo refrigerante e anticorrosivo; a differenza delle motrici a vapore caratterizzate da procedimenti di lubrificazione piuttosto rudimentali, le turbine impiegano quasi sempre sistemi di lubrificazione forzata, consentiti soprattutto dalla possibilità di usare olio dello stesso tipo per le varie parti da lubrificare, condizione questa inaccettabile nelle motrici alternative. Le parti da lubrificare sono costituite essenzialmente da cuscinetti, giunti elastici, supporti, reggispinta e ingranaggi di trasmissione, quando questi siano richiesti dalla necessità di ridurre sensibilmente il regime di rotazione, come accade nelle turbine adibite alla propulsione navale; a questi elementi si può aggiungere il regolatore di velocità nel quale l'olio, anziché come lubrificante, è impiegato come fluido operante per trasmettere i movimenti al sistema di regolazione previsto. Tutti i sistemi a circolazione forzata delle turbine a vapore mirano al medesimo scopo essenziale e presentano le stesse caratteristiche fondamentali; le principali differenze riguardano le modalità di alimentazione, potendosi realizzare un impianto di lubrificazione forzata sia per effetto della gravità sia per effetto dell'azione di una pompa.

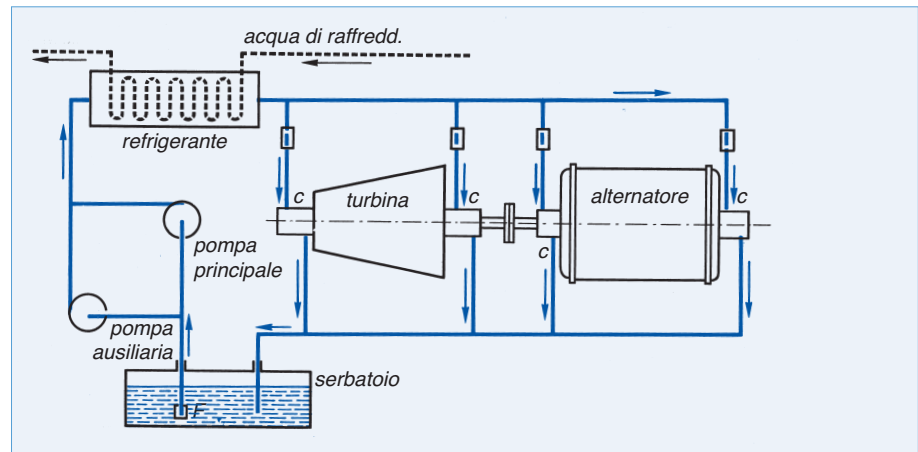
I sistemi di lubrificazione più usati sono:

- a.** alimentazione diretta con pompa comandata dalla turbina;
- b.** alimentazione a gravità;
- c.** alimentazione mista, diretta e a gravità;
- d.** alimentazione diretta con pompe indipendenti.

a. Alimentazione diretta con pompa comandata dalla turbina

La maggior parte delle turbine terrestri accoppiate a generatori, soffianti o altri macchinari, direttamente o a mezzo ingranaggi, sono dotate di sistemi a circolazione in cui la pompa principale dell'olio è comandata, tramite ingranaggi, dalla turbina stessa; tale criterio viene pure seguito nei turbogeneratori ausiliari nelle applicazioni marine, e sovente anche nelle motrici principali.

Conformemente alla pratica usuale, la pompa dell'olio è del tipo a ingranaggi o a vite; talvolta nei grandi impianti terrestri vengono adoperate pompe centrifughe, calettate sull'asse della motrice principale. Generalmente la pompa è guidata dall'albero del regolatore, ma può essere azionata a mezzo ingranaggi cilindrici che prendono il moto dell'albero della turbina. Oltre alla pompa principale dell'o-



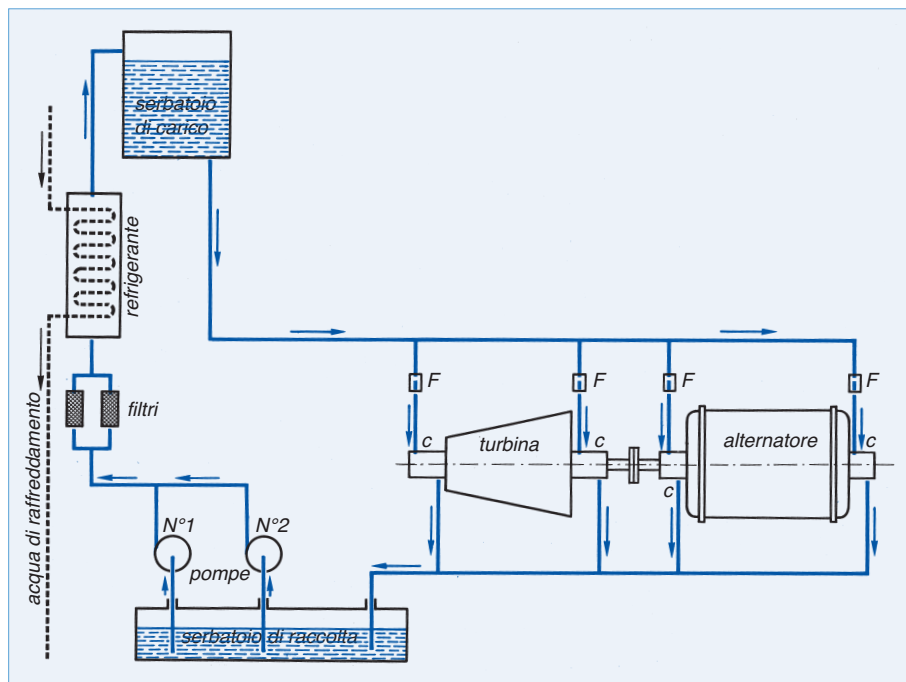
lio, l'impianto (FIGURA 1) è provvisto di una pompa ausiliaria che viene impiegata nelle fasi di avviamento e di arresto della turbina, durante le quali la pompa principale non può lavorare a pieno regime. Le pompe ausiliarie possono essere mosse elettricamente o, separatamente, mediante vapore.

Nelle grandi turbine generalmente esiste un dispositivo atto a eliminare automaticamente la pompa ausiliaria, per mezzo di un regolatore a pressione d'olio, operante alla pressione di circa 3 bar, allorché la turbina raggiunge il numero di giri voluto e per rimetterla in funzione quando il numero di giri si abbassa al disotto di un dato valore; nelle macchine piccole, in sostituzione della pompa ausiliaria comandata meccanicamente, si ricorre a una pompa a comando manuale. L'olio, prima di giungere alla turbina, vien fatto passare attraverso uno o più refrigeranti ove cede parte del calore posseduto; ne esce perciò con temperatura sensibilmente ridotta e viene condotto, a pressioni comprese fra 0,7 e 1,7 bar, direttamente ai cuscinetti (c), al supporto di spinta, agli accoppiamenti elastici, alle superfici di lavoro del regolatore e agli organi di comando della pompa dell'olio. Successivamente viene scaricato nel serbatoio, dal quale aspirano tanto la pompa principale quanto la pompa ausiliaria; il sistema è quasi sempre provvisto di reticelle filtranti e rompischiuma, generalmente sull'aspirazione della pompa e sul collettore principale di ritorno dell'olio al serbatoio.

I regolatori e gli altri organi di controllo della turbina sono di solito comandati mediante servomotori a olio; per il servomotore, si richiede in genere che l'olio abbia una pressione superiore a quella necessaria per la lubrificazione dei cuscinetti, per cui il circuito risulta sdoppiato: il meccanismo di regolazione viene alimentato con olio a pressione compresa fra 3 e 10 bar, mentre l'olio per i cuscinetti viene fornito da un'altra tubazione a pressione più bassa, attraverso una valvola di riduzione. Alcune macchine di grande potenza sono equipaggiate con una pompa separata che fornisce olio al regolatore. Le turbonavi mercantili, sia a trasmissione elettrica che a trasmissione meccanica, sono generalmente fornite di sistemi forzati per la lubrificazione delle macchine e le pompe dell'olio sono quasi sempre azionate dalla turbina principale.

b. Alimentazione a gravità

Il principale vantaggio dei sistemi di lubrificazione a gravità è costituito da un più alto grado di sicurezza, specialmente in caso di improvvise avarie alle pompe; in questa ipotesi infatti, l'olio continua ad alimentare per parecchi minuti ancora i cuscinetti e gli altri organi meccanici, lasciando all'operatore il tempo sufficiente per mettere in moto la pompa di riserva o per fermare la turbina. Lo schema di un



impianto di lubrificazione a gravità è illustrato in FIGURA 2: il serbatoio di carico è posto a circa 9 metri sopra i cuscinetti della macchina, e fornisce olio alla pressione di circa 1,9 bar; le pompe aspirano da un serbatoio di raccolta, spesso attraverso filtri di garza o di rete metallica; dai refrigeranti l'olio raggiunge il serbatoio di carico dal quale scorre fino ai cuscinetti portanti, ai supporti di spinta e agli spruzzatori degli ingranaggi. Ogni organo lubrificato è generalmente provvisto di sistemi per l'osservazione del flusso dell'olio (F) e per la lettura della sua temperatura. L'olio proveniente dal serbatoio di carico conserva pressione sufficientemente alta per operare nei regolatori di sopravvelocità e negli altri organi di sicurezza di cui sono provvisti gli impianti con accoppiamento a ingranaggi. D'altra parte negli impianti a trasmissione turboelettrica il meccanismo di regolazione della turbina richiede che l'olio abbia una pressione superiore a quella corrispondente al suo livello nel serbatoio di carico; la pompa deve perciò fornire al regolatore olio a una pressione intorno ai 5 bar, mentre l'olio diretto al serbatoio di carico viene fatto passare attraverso un riduttore di pressione. I sistemi di alimentazione a gravità richiedono quantità d'olio molto maggiori che non i sistemi ad alimentazione diretta; in particolare le macchine marine e specialmente quelle provviste di riduttori a ingranaggi necessitano di quantità di olio molto maggiori che non le turbine terrestri ad accoppiamento diretto di pari potenza. Le pompe dell'olio di un sistema di alimentazione a gravità possono essere elettriche o a vapore (centrifughe o alternative); il circuito è generalmente provvisto di più pompe, una almeno delle quali è tenuta pronta, in riserva, quando la nave è in fase di partenza, allo scopo di premunirsi dagli eventuali danni che potrebbero derivare da un guasto alla pompa di servizio. I moderni impianti alimentati a gravità sono generalmente provvisti di sistemi elettrici di allarme, mediante i quali il personale addetto alla sorveglianza può rendersi conto se l'olio del serbatoio scende al disotto di un certo livello, oppure se la pompa in servizio si arresta.

c. Alimentazione mista: diretta e a gravità

Una caratteristica particolare di questo sistema consiste nel fatto che l'alimentazione d'olio di emergenza è possibile in caso di guasti al sistema di lubrificazione forzata di uno dei turbogeneratori.

d. Alimentazione diretta con pompe indipendenti

Il sistema ricalca nelle sue linee essenziali quello con pompa azionata dalla turbina principale; lo scopo di ricorrere a un complesso di pompe indipendenti va ricercato in una maggior sicurezza di funzionamento, sicurezza che è condizione necessaria in qualche impianto ove l'eventuale arresto della motrice può essere fonte di gravissimi danni o addirittura può porre a repentaglio alcune vite umane; tipico è il caso delle navi da guerra la cui possibilità di sopravvivenza è affidata all'integrità della motrice principale. Nel sistema ad alimentazione indipendente, le pompe (che in genere sono più d'una) assolvono direttamente il compito di inviare il lubrificante in pressione ai vari organi meccanici senza l'interposizione di un serbatoio di carico; è evidente che non è necessaria la pompa ausiliaria da inserire durante le operazioni di arresto e di avviamento, ma una pompa di riserva (o più d'una in qualche caso) si impone per permettere le necessarie revisioni e la manutenzione di quella che per diverso tempo ha alimentato l'impianto.

In alcune navi da guerra il riduttore viene lubrificato mediante un sistema separato, sì che è possibile scegliere oli diversi per lubrificare separatamente gli ingranaggi e le turbine; questa sistemazione è inconsueta ma può essere impiegata in grandi unità nelle quali il locale macchine sia diviso in due parti da una paratia stagna. Quando i riduttori sono provvisti di un sistema di lubrificazione separato, si dispongono derivazioni fra la parte ingranaggi e la parte macchine; derivazioni analoghe vengono disposte fra i sistemi separati delle macchine principali delle navi a più eliche. Per misura di sicurezza, nei sistemi a circolazione delle navi a turbina di ogni tipo gli organi del sistema di lubrificazione sono doppi.

Merita qualche cenno in più la lubrificazione degli ingranaggi facenti parte del sistema di trasmissione nelle turbine navali; gli ingranaggi sono generalmente di tipo elicoidale – quasi sempre a doppia elica – e possono essere a semplice o doppia riduzione. La lubrificazione degli ingranaggi deve essere molto efficace: generalmente si dirigono getti d'olio nella zona di ingranamento dei denti; i fori debbono essere tali da produrre una serie continua di spruzzi a forma di ventaglio. L'olio per gli spruzzatori e i cuscinetti degli ingranaggi proviene in genere dal sistema di circolazione della turbina. I grandi riduttori possono essere provvisti di sistema a circolazione indipendente; la lubrificazione a bagno d'olio viene impiegata quando le velocità periferiche sono basse. Per la lubrificazione degli ingranaggi riduttori e dei loro supporti sono necessario notevoli quantità d'olio, e ciò perché questo serve anche per il raffreddamento degli ingranaggi dai quali debbono essere asportate quantità di calore (talvolta elevate) che derivano essenzialmente dalle perdite di potenza nella trasmissione. Nei riduttori delle turbine marine le perdite ammontano a circa $1,5 \div 2\%$ per la semplice riduzione e al $2,5 \div 4\%$ per la doppia riduzione; nei piccoli turbogeneratori le perdite ammontano a circa il 5%.