

23

1953

Per 634 / 7

RASSEGNA TECNICA

La "Rassegna tecnica", vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche che fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

Ser. 634/14

Sull'impiego del watt pale unità universale di potenza

Esaminate brevemente le trasformazioni di energia che hanno luogo nelle macchine e nelle installazioni termiche e ricordate le unità di misura finora impiegate, si mostra l'opportunità di seguire il movimento appoggiato dalla International Electrical Commission e dal Comité International des Poids et Mesures, adottando il watt quale unità internazionale di potenza per tutte le forme di energia.

Si considerino i grafici di Fig. 1a e di Fig. 1b. In un modo molto schematico e trascurando fenomeni secondari, essi applicano un vecchio metodo di rappresentazione seguito dal Sankey per le macchine a vapore e rappresentano le trasformazioni di energia che si verificano rispettivamente in una macchina termica operatrice, azionata elettricamente e impiegata come frigorifera o come termopompa, ed in una macchina termica motrice, azionante un generatore elettrico.

Si tratta dunque di casi comunissimi.

Nella macchina termica operatrice (caso a) si spende dell'energia elettrica, che si trasforma in lavoro meccanico in un compressore, e questo agisce su un fluido che compie una serie chiusa di trasformazioni termodinamiche. Il risultato delle operazioni consiste nel sottrarre dell'energia termica ad una temperatura più bassa di quella ambiente e nel versarne una quantità maggiore ad una temperatura più alta, mantenendosi così artificialmente, con la citata spesa, tale differenza di temperatura.

Ogni operazione nelle varie sedi è necessariamente accompagnata da perdite che è qui fuori luogo analizzare e che i costruttori si sforzano di ridurre.

Alla macchina termica motrice (caso b) si fornisce invece dell'energia termica, d'ordinario mediante una combustione; questa energia va ad un fluido, che compie anche qui un ciclo termodinamico ed il risultato delle operazioni si esprime semplicemente dicendo che una parte dell'energia spesa si trasforma in lavoro meccanico e poi in energia elettrica. Anche in questo caso naturalmente ciascuna operazione è accompagnata da perdite. L'energia termica residua è versata ad una temperatura più bassa della iniziale, potendosi così affermare, col Carnot, che è questa caduta di temperatura che ci permette di ricavare del lavoro.

Ciò che si rileva subito da questa breve esposizione è che d'ordinario e contemporaneamente si manifestano in queste comunissime macchine tre forme di energia: la termica, la meccanica, l'elettrica.

Nello sviluppo storico della tecnica e della scienza queste tre forme di energia furono agli inizi applicate e studiate separatamente, ignorando la legge di conservazione.

Per esse e per le corrispondenti potenze, cioè per le energie elaborate nell'unità di tempo, sono state quindi adottate unità indipendenti, talora differenti da nazione a nazione.

Nei paesi anglosassoni in campo meccanico si è adottato l'*horse-power* (il cavallo di potenza ⁽¹⁾), giacchè essendo le pompe da miniera mosse da cavalli, per chiarir le idee dei committenti delle prime macchine a vapore non vi era di meglio del dir loro quanti buoni cavalli le macchine stesse potevano sostituire.

Nei paesi che adottarono il sistema metrico si impiegò invece il *kilogrammetro* (kilogrammo forza per un metro) *al secondo*.

In campo termico alla *B.T.U.* (british thermal unit o unità termica britannica) all'ora o al secondo, dipendente dalla massa di una libbra e dal grado Fahrenheit fece riscontro la *caloria*, pure all'ora o al secondo, dipendente dal grammo massa e dal grado Celsius; ed entrambe legate alle proprietà di un determinato fluido, l'acqua distillata.

Soltanto nelle discipline elettriche, venute ultime, fu potuta ottenere l'universalità dei consensi con l'adozione del *watt* ⁽²⁾, nome che suonava singolare, ma significativo omaggio, al grande costruttore di macchine a vapore.

Nacque così una situazione alquanto curiosa. Nella medesima macchina si impiegavano tre unità di misura differenti per la stessa energia che si andava in esse trasformando! Ed i soli ad usare un nome che ricordasse un grande ingegnere meccanico e termotecnico, vissuto in un'epoca in cui gli studi elettrici muovevano i primi passi, furono gli elettrotecnici!

Una situazione analoga si è verificata nel campo più modesto, ma non meno diffuso, almeno attualmente, delle macchine frigorifere.

⁽¹⁾ Equivalente a 33.000 libbre piede al minuto primo.

⁽²⁾ Lavoro di 1 joule in un secondo.

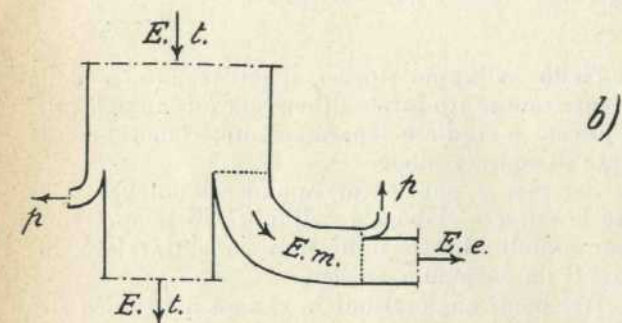
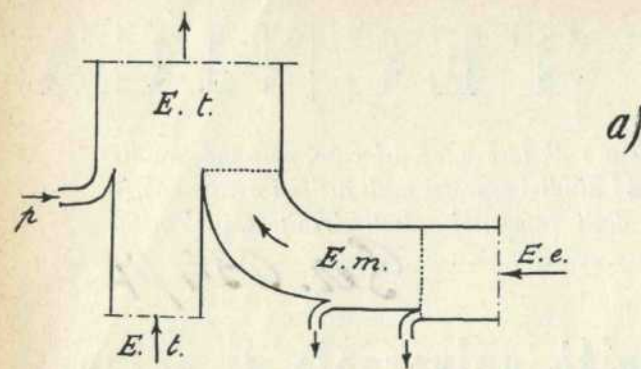


Fig. 1 a), b). - Bilanci termici semplificati.

a) Macchina termica operatrice (frigorifera o pompa di calore)
 b) Macchina termica motrice.
 E.t. Energia termica. E.m. Energia meccanica.
 E.e. Energia elettrica. p perdite

Anzi, non bastando in esse cambiar nome ⁽³⁾ alla grande calorìa, che fu battezzata *frigorìa* quando si volle significare che essa era sottratta a bassa temperatura, si introdussero non poche altre unità. Basterà ricordare fra esse l'*American standard commercial ton of refrigeration* ⁽⁴⁾ che corrisponde, per le macchine da ghiaccio, alla produzione di 1 tonnellata (da 2000 libbre) di ghiaccio a 0°C in 24 ore, partendo da acqua liquida alla stessa temperatura.

La « *British theor. unit of refrigeration* » corrisponde invece, e anche ciò, se si pensa alla *B.T.U.*, appare singolare, alla potenza (rate) di 1 kcal sottratta al secondo (cioè di 1 frig/sec). L'adozione di tale unità si deve al fatto che con 1 frigorìa al secondo si producono circa 100 libbre di ghiaccio all'ora.

Pur concedendo che la questione delle singole unità di misura è, in fondo, una questione formale e che agli argomenti di comodità pratica deve essere dato in tale materia un grande peso, ci si può chiedere se non vi sia modo di giungere ad una ragionevole semplificazione di nomenclatura, di

⁽³⁾ Non natura, poiché freddo e caldo significano sensazioni, non entità fisiche diverse.

⁽⁴⁾ Tonnellata piuttosto buffa da tradurre giacché alla lettera, vorrebbe pesare l'atto del refrigerare, non la cosa refrigerata.

procedure e di calcoli numerici, che metta capo ad una sola unità, coerente con altre già usate perché tutte dipendenti da uno stesso sistema, e che risulti nelle contingenze presenti accettabile senza gravi complicazioni.

La questione parrebbe a tutta prima insolubile perché, scartata subito come non praticabile l'istituzione di una nuova unità, non si vede quale delle unità già adottate possa meritare la preferenza sulle altre.

Si deve al compianto Prof. Ing. Giovanni Giorgi il merito di avere lucidamente messo ordine alla complessa materia e di avere indicato la più conveniente strada da seguire.

In una memoria comparsa in vari periodici fin dagli inizi di questo secolo ⁽⁵⁾ Egli mostrò che la sola unità di *potenza*, che fosse possibile derivare in un modo coerente, sia, com'era già noto, dalle unità elettriche adottate in tutto il mondo (*volt*, *ampère*, ecc.) sia, e ciò non era stato ancora posto in evidenza, dalle unità fondamentali *metro*, *kilogrammo massa*, *secondo*, era proprio il *watt*.

Difatti il watt corrisponde al lavoro compiuto in un secondo lungo un metro di spostamento nella sua direzione dall'unità di forza, che è la forza occorrente per conferire ad un kilogrammo massa l'accelerazione di un metro al secondo per ogni secondo.

A questa unità di forza, indipendente dall'accelerazione della gravità e quindi dalla posizione topografica, fu dato il nome di *newton* ⁽⁶⁾.

In effetti qualche piccola correzione risultò necessaria per far coincidere il *watt elettrico* con il *watt meccanico*, ma questa coincidenza, dopo i lavori compiuti a Sèvres e nei maggiori Laboratori nazionali di ricerche, è ormai un fatto compiuto.

D'altro canto la Conferenza Internazionale per gli studi sul vapore ed il Comitato che ha redatto le Tabelle critiche internazionali (*International Critical Tables - 1926*) adottarono per la calorìa la definizione:

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}$$

facendo quindi coincidere il *watt elettrico* con il *watt termico* mediante piccole correzioni, praticamente trascurabili, che ne sopprimono la dipendenza dalle proprietà di un fluido particolare.

Le proposte, dopo lunghi anni di discussione, furono in campo elettrico accettate nel 1938 dalla « *International Electrical Commission* » (*I.E.C.*); in campo più generale furono vivamente raccomandate dal « *Comité International des Poids et Mesures* » di Sèvres nel 1948, e successivamente

⁽⁵⁾ Atti A.E.I., 1901; *The Electrical World*, New York, 1901; si veda pure il volume del Prof. Giorgi: « *Verso l'elettrotecnica moderna* », Ed. Tamburini, Milano 1949 - pag. 73, ed il *Manualetto: « Memento des Unités Giorgi »* (*M.K.S.A.*) di Papin e Kaufmann, Ed. Desforges, Paris, 1949.

⁽⁶⁾ Il *newton* (simbolo *N*) vale dunque circa un ettogrammo peso (1 kg peso: 9,81 m/sec²). È da notare che le cosiddette pesate eseguite con la bilancia sono in realtà confronti di masse, e come tali rimangono indipendenti dalla latitudine e dall'altitudine. I risultati numerici di tali pesate non sono quindi modificati passando al sistema Giorgi risultando espressi in kilogrammi massa.

sancite dalla « *IX Conférence Générale des Poids et Mesures* » ⁽⁷⁾.

L'adozione del watt (ed ovviamente dei suoi multipli e sottomultipli secondo potenze intere di 10) quale unità universale di potenza, in qualunque forma essa si manifesti, si va sempre più esten-

⁽⁷⁾ Qualche Autore osserva che il termine « calorìa » potrebbe essere sostituito da quello più proprio di « calore specifico dell'acqua ». Aggiungo, a questo proposito che in unità coerenti torna praticamente uguale all'unità il calore specifico a pressione costante dell'aria nelle condizioni ordinarie. Difatti si ha:

$$c_p = 1,004 \text{ joule/gr. } ^\circ\text{C.}$$

⁽⁸⁾ 1 kcal/h = (1000/860) watt = 1,163 watt, quindi: 1 kcal=1,163 Wh. Risulta pertanto facile la conversione dei vari coefficienti che si incontrano nella termotecnica. Ad esempio i coefficienti di conduzione termica si esprimeranno in W/m, °C ed i coefficienti di trasmissione del calore in W/m², °C. In termodinamica le energie specifiche si potranno esprimere in Wh/kg; le entropie specifiche in Wh/kg, °C, ecc. Nella conversione da unità britanniche è utile ricordare che 1 kW equivale a 0,948 BTU/sec. Si tenga inoltre presente che 1 kW=102 kgm/sec.

La trave Vierendel Proposta di calcolo semplificato

L'Autore propone la risoluzione della trave Vierendel col metodo delle linee d'influenza delle sollecitazioni nelle sezioni che interessano; evita le notevoli complicazioni del calcolo esatto limitando il calcolo delle deformate ai soli elementi isolati dalla sezione oggetto della ricerca.

Il professionista, di solito assillato dall'urgenza del lavoro, è soggetto alla tirannia del tempo e, nei casi comuni, deve rinunciare al procedimento di calcolo esatto quando questo si presenta lungo e complicato.

Ad esempio, una delle ragioni per cui la trave Vierendel è spesso bandita dalle comuni costruzioni sta appunto nella complicazione del calcolo esatto, quando questo esige un impiego di tempo non compensato dall'entità del lavoro che il calcolatore deve compiere.

I metodi approssimati del Takabeia e dell'Engesser presuppongono delle limitazioni che non sempre si possono adattare alle esigenze del progetto senza pregiudizio della speditezza del calcolo; perciò propongo qui ai colleghi ingegneri un calcolo semplificato che si può indifferentemente applicare a travi Vierendel con elementi di sezione e di lunghezza comunque variabili e sollecitate da forze comunque applicate con direzioni arbitrarie.

Il calcolo si basa su complessi di tre diagrammi d'influenza delle sollecitazioni: momento flettente, sforzo di taglio e sforzo normale, per ciascuna sezione presa in considerazione.

Il tracciamento delle su dette terne di linee d'influenza, come si sa, è indipendente dalle forze applicate quindi serve alla risoluzione del problema qualunque sia l'ipotesi di carico che si possa presentare.

Come è noto, tagliato l'elemento preso in considerazione nella sezione *S*, immediatamente a destra del nodo che interessa e supposte applicate alle

dendo sia nei Laboratori scientifici sia nelle applicazioni pratiche, ed è opportuno contribuire a dare a tale adozione la maggior diffusione possibile. I bilanci energetici e la conseguente espressione dei rendimenti e dei fattori di efficienza, come pure la loro traduzione in risultati numerici divengono più semplici e più accessibili, poiché le trasformazioni di energie in atto negli impianti e negli apparecchi è resa più evidente.

L'impiego temporaneo di due notazioni parallele (ad esempio kcal/ora e watt) ⁽⁸⁾ sia sui diagrammi sia sulle macchine e sugli apparecchi, consentirà in quei campi nei quali vige ancora l'abitudine dell'impiego delle vecchie unità un passaggio graduale di cui non si tarderà ad apprezzare i benefici.

È da auspicare che anche le Associazioni tecniche italiane, seguendo l'esempio degli organismi internazionali sopra citati, contribuiscano in modo efficace a tale utile movimento di unificazione.

Cesare Codegone

faccie del taglio le sollecitazioni che agiscono su di esse cioè il momento flettente *M*, lo sforzo di taglio *T* e lo sforzo normale *N* incogniti e provocati gli spostamenti relativi delle due facce mediante una doppia *V* (costituita da due forze eguali e contrarie agenti sulla stessa retta d'azione) comunque applicata alle facce del taglio *S*, si otterrà una rotazione attorno al baricentro di *S* ed una traslazione relativa delle facce stesse: siano *m/u* la tangente dell'angolo di rotazione, *d* la traslazione, *t* ed *n* le componenti di *d* secondo la tangente e la normale alle facce del taglio.

La doppia *V* sposterà inoltre tutti i punti della trave e questi spostamenti non sono ostacolati dalla presenza dei vincoli perché si eseguisce l'operazione supponendo la Vierendel semplicemente appoggiata in *A* ed incernierata in *B* e quindi libera di muoversi e di deformarsi.

L'unica limitazione imposta dai vincoli è l'invariabilità della direzione della retta *AB* e l'immobilità di *B*.

Se si costruisce il diagramma degli spostamenti tenendo fissi altri due punti, ad esempio *H* e *K*, tenendo conto dello spostamento relativo, si devono assumere come rette basi dei diagrammi, le *A₁B₁* per il corrente superiore e *A₂B₂* per il corrente inferiore, come appare nella figura 1. Partendo da queste rette si misurano le componenti verticali *y* degli spostamenti dei punti di applicazione delle forze; le componenti orizzontali *x* degli spostamenti si misurano a partire dai montanti, come appare chiaro nella figura 1.