

## GRADO DI REAZIONE DI UNO STADIO DI UNA TURBINA

Ogni singolo stadio è caratterizzabile tra l'altro a mezzo del grado di reazione, che a parte la sua infelice denominazione, discrimina due modi diversi di operare la conversione energetica del fluido nelle macchine. La definizione più usata è:

$$R = \frac{\dot{A}H_{rot}}{\dot{A}H_{tot}} = \frac{\dot{A}H_{rot}}{\dot{A}H_{stat} + \dot{A}H_{rot}}$$

$R = 0$  per macchine ad azione

$R > 0$  per macchine a reazione

Il grado di reazione può essere valutato anche numericamente con precisione una volta che sia noto il disegno della macchina, della palettatura, sia rotorica che statorica, a patto però che si consideri una condizione particolare, la sede limite. Il grado di reazione, nelle macchine in cui lo stadio passa dal funzionamento in sede limite al funzionamento in sede reale, assumerà valori leggermente diversi. Il grado di reazione non è una costante caratteristica dello stadio ma può essere valutato con esattezza in sede limite, poi a seconda delle entità delle perdite fluidodinamiche in sede reale, che dipendono da moltissimi fattori, il suo valore assumerà valori leggermente diversi. IL grado di reazione si può valutare introducendo il salto entalpico statorico e rotorico in funzione delle velocità del fluido. Per quanto abbiamo visto per una macchina motrice:

$$\begin{aligned} |\Delta H_{stat}| &= \frac{c_1^2 - c_0^2}{2} \\ |\Delta H_{rot}| &= \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2} \\ R = \frac{\Delta H_{rot}}{\Delta H_{tot}} &= \frac{\Delta H_{rot}}{\Delta H_{stat} + \Delta H_{rot}} = \frac{(w_2^2 - w_1^2) + (u_1^2 - u_2^2)}{(c_1^2 - c_0^2) + (w_2^2 - w_1^2) + (u_1^2 - u_2^2)} \end{aligned}$$

per una macchina assiale in cui  $u_1 = u_2$

$$R = \frac{w_2^2 - w_1^2}{(c_1^2 - c_0^2) + (w_2^2 - w_1^2)}$$

**Significato fisico di R**

Il grado di reazione può essere variabile tra 0 e 1 nel senso che qualora il fluido subisca le proprie espansioni interamente nello statore e quindi il salto entalpico totale venga sviluppato esclusivamente nello statore, il grado di reazione R sarà nullo e la macchina prenderà il nome di “macchina ad azione”. Si vedrà che in certe costruzioni il grado di reazione R per motivi di natura fluidodinamica può anche essere lievemente inferiore a 0 a superiore ad 1. Quando il salto entalpico dello stadio viene ripartito con una qualsiasi percentuale tra statore e rotore  $R > 0$  può essere  $R = 1$  esclusivamente nel piano matematico, qualora il salto entalpico prodotto dal fluido fosse esclusivamente rotorico. In questo caso non esisterebbe più lo statore in quanto non esisterebbe più la struttura statorica. Se abbiamo un flusso che non scambia né calore né lavoro con l'esterno, il fluido ciò che perde in entalpia lo guadagna in energia cinetica. In realtà lo statore esiste sempre perché nella turbomacchina motrice la funzione rotorica che è quella di operare la conversione dell'energia cinetica in meccanica, necessita di un'adeguata velocità cinetica del fluido all'ingresso del rotore dato dal termine  $c_1^2/2$

Tra le macchine ad azione  $R = 0$  e le macchine a reazione  $R > 0$  esiste una differenza concettuale nelle funzionalità statoriche e rotoriche, nei confronti della conversione energetica. Nel caso delle macchine ad azione lo statore ed il rotore hanno due compiti separati e distinti. Lo statore serve per accelerare il fluido, il rotore serve per convertire l'energia cinetica dello statore, attraverso un rendimento, in energia meccanica utile senza che però il rotore venga chiamato ad una funzione di espansione. Nelle macchine ad azione proprio perché il fluido non subisca in sede limite alcuna espansione, cioè alcuna variazione di velocità del moto relativo il rotore nelle macchine ad azione esercita la funzione di convertitore di energia cinetica del fluido in energia meccanica. Nelle macchine a reazione tale differenziazione di compito tra statore e rotore non è per così dire drastica in quanto lo statore accelera il fluido a spese del patrimonio entalpico, il rotore converte sì energia meccanica ma nello stesso tempo produce in seno al fluido un'ulteriore espansione. Quindi nelle macchine a reazione anche il rotore funge da espansore e quindi collabora per così dire con lo statore nella funzione specifica dello stesso che è quella di produrre l'espansione del fluido. In definitiva nelle macchine a reazione il rotore oltre ad una funzione di conversione di energia cinetica del fluido in energia meccanica, produce contemporaneamente una espansione del fluido prolungando così l'espansione statorica.

### Altre espressioni per il grado di reazione

Alcune scuole di calcolo hanno fatto uso nel passato di formule per il grado di reazione diverse che qui riportiamo a titolo di precisazione.

$$R^* = \frac{\dot{A}H_{rot}}{\dot{A}H_{tot} + \frac{c_0^2 - c_2^2}{2}} = \frac{\dot{A}H_{rot}}{P}$$

$$R^{**} = \frac{\dot{A}H_{rot}}{\dot{A}H_{tot} + \frac{c_0^2}{2}}$$

Queste due definizioni sono diverse ma numericamente pressoché identiche, molto vicino tra di loro.

contanto rispetto a  $\Delta H_{tot}$  e per giunta prossime tra loro. Poiché il modulo  $c_0 \ll c_1$  a maggior ragione il quadrato di  $c_0$  risulta molto minore del quadrato di  $c_1$ .

$R^*$  confronta il salto entalpico rotorico con la potenza specifica dello stadio.

$R^{**}$  tiene conto al denominatore della somma tra l'energia che il fluido sacrifica nello stadio sotto forma di salto entalpico complessivo (totale), più l'energia cinetica con cui il fluido si affaccia allo stadio successivo.