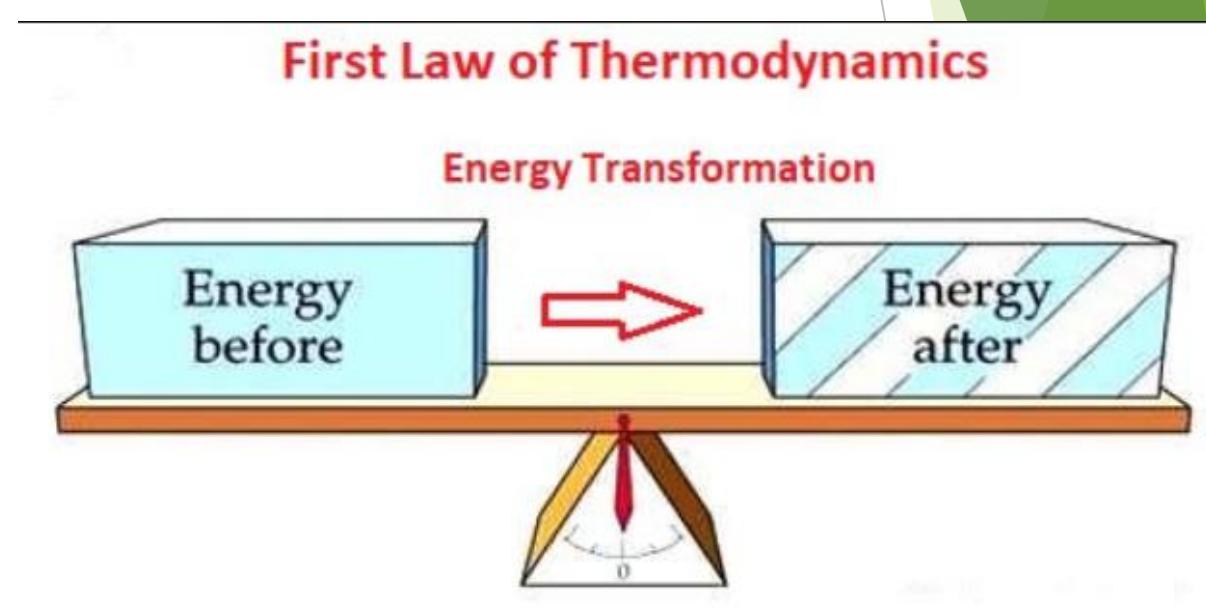


Opšti pristup merenja absolutnog protoka korišćenjem metode termodynamičke efikasnosti

Studenti:
Jana Dragičević
Aleksandar Ristović
Đorđe Arsić

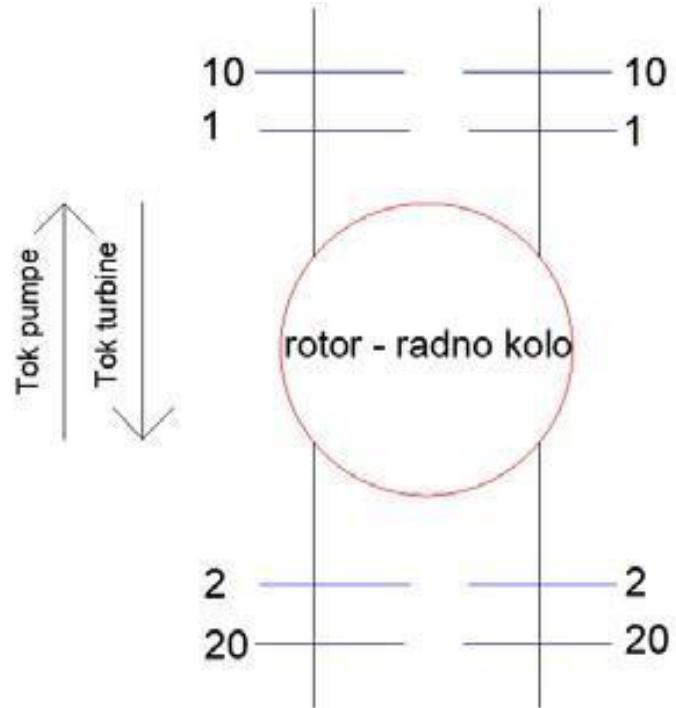
Uvod u termodinamičku metodu

- ▶ Termodinamička metoda predstavlja glavnu metodu određivanja efikasnosti hidrauličkih mašina
- ▶ Zasnovana je na Prvom zakonu termodinamike, tj. Zakonu održanja energije
- ▶ Svako mehaničko ili fluidno trenje uzrokuje transformaciju hidrauličke energije u toplotnu energiju.



- ▶ Hidraulički gubici se određuju preciznim merenjima temperature vode užvodno, odnosno nizvodno od hidrauličke mašine.
- ▶ Voda se zagreva 2.4 mK (milikelvina) na 100m visine dizanja i na 1% gubitka hidrauličke efikasnosti
- ▶ Manja visina dizanja mašine iziskuje veće dimenzije mašine, kao i veći broj termometara neophodnih za precizno merenje toplotne raspodele
- ▶ Iz ovog razloga navedena metoda se primenjuje kod mašina koje imaju visinu dizanja veću ili jednaku 100 m

Proračun efikasnosti



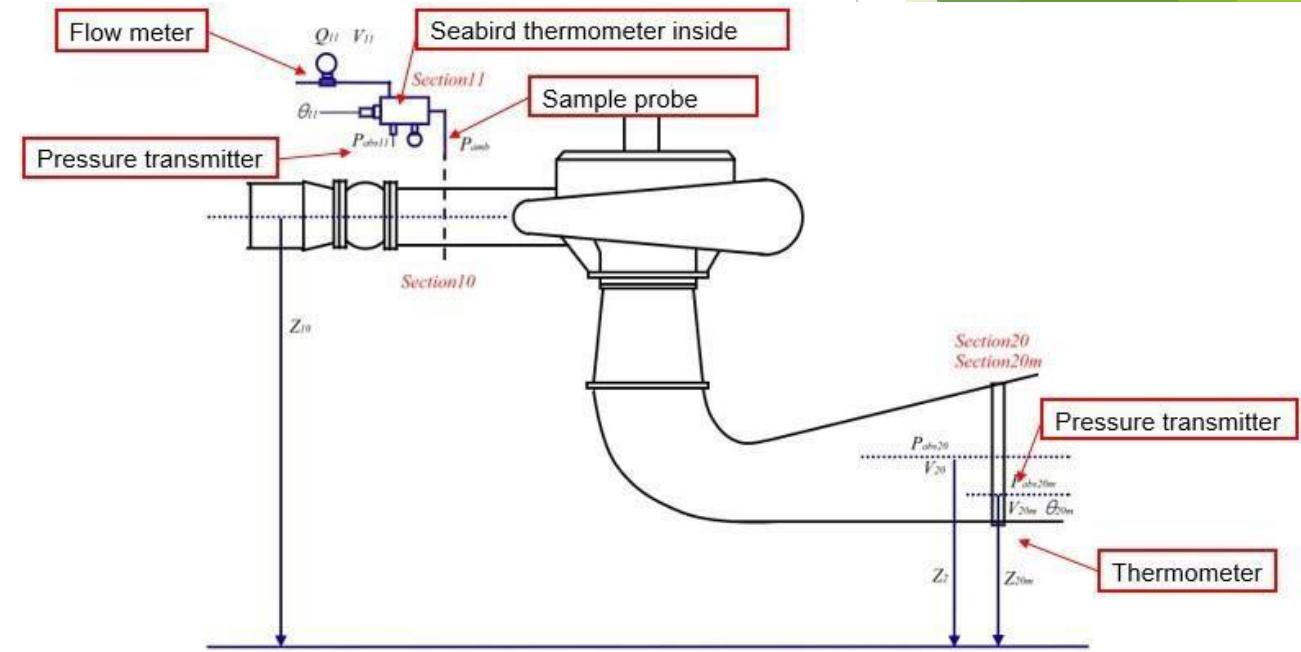
$$\eta_h = \left(\frac{(E_{m,10} - E_{m,20}) + \delta E_{m,10-20}}{E_1 - E_2} \right)^k$$

- ▶ Prilagođena jednačina hidrauličke efikasnosti
- ▶ Izmerene proporcije specifične energije u i-tom preseku
- ▶ $\delta E_{m,10-20}$ predstavlja razmenu topline između vode i okoline u okviru zona 10 i 20.
- ▶ Efikasnost je određena ukoliko možemo izmeriti parametre: p_i , V_i i T_i

- ▶ Problem direktnog merenja brzine V_i
- ▶ Izbegava se direktno merenje zbog komplikovanosti procesa i nedovoljne tačnosti
- ▶ Ukoliko je brzina veća od 1m/s dolazi do povećane količine trenja i zbog osetljivosti merne zone termometra se dobijaju veće izmerene temperature od stvarnih.

Instalacija mernih instrumenata kod turbine

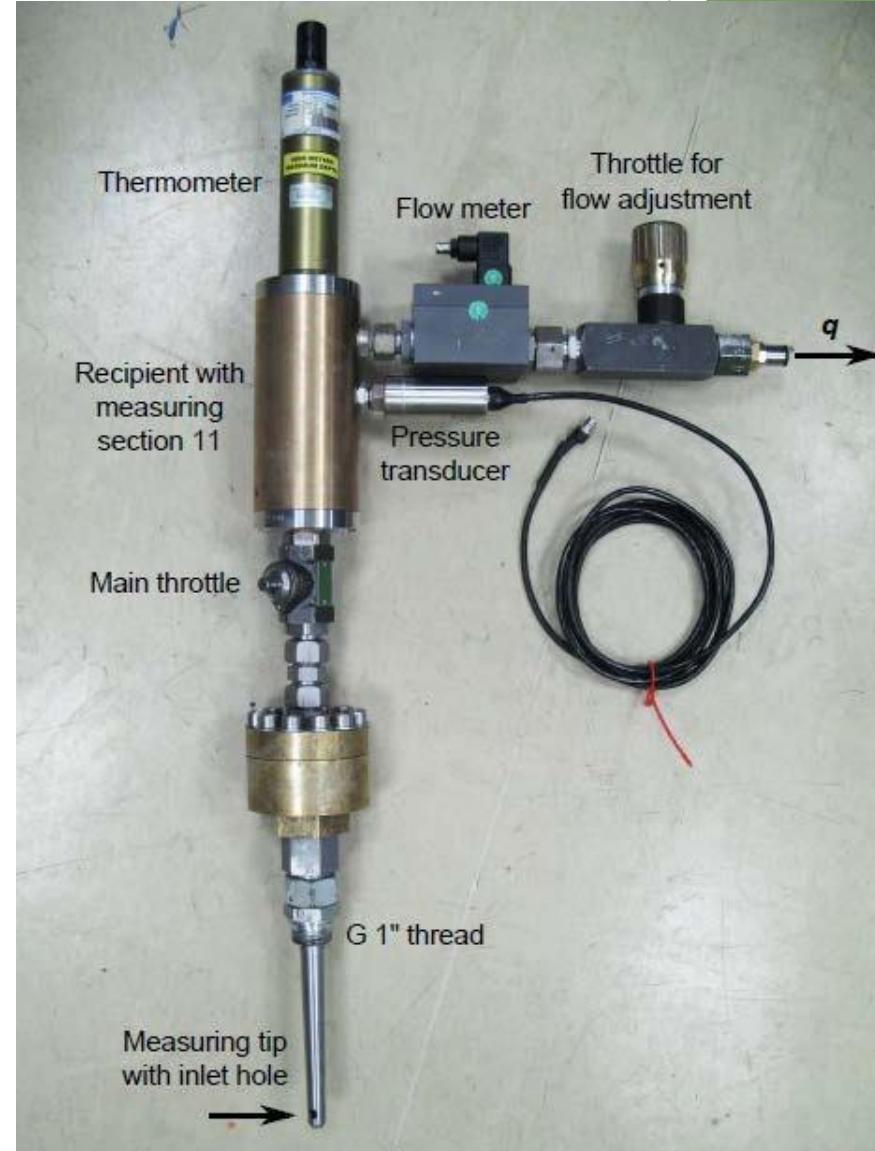
- ▶ Voda sa ulaza turbine se kroz sondu dovodi u posudu za uzorkovanje, kojom se mere fizički parametri poput protoka, temperature, pritiska i sl.
- ▶ Temperatura vode u posudi za uzorkovanje se meri visoko preciznim termometrom.
- ▶ Prosečna temperatura vode na izlazu meri se nizvodno od turbine
- ▶ Brzina vode, pritisak i drugi parametri se mere kako bi se izračunala specifična mehanička energija vode
- ▶ Temperatura izlazne vode, nizvodno od turbine meri se drugim termometrom. Brzina vode u odvodnom kanalu se računa iterativnim postupkom .



- ▶ Termodinamička metoda se bazira na odnosu temperature i pritiska tečnosti i njene brzine.
- ▶ Kada fluid teče odvodnim kanalom dolazi do promena temperature i pritiska
- ▶ Te promene su u direktnoj vezi sa brzinom i protokom tečnosti
- ▶ Metod razlike pritiska (DP) meri pad pritiska prilikom tečenja kroz cev, odakle se određuje brzina. Termalni maseni merač protoka meri razliku referentne temperature i temperature tečnosti

Merenje spoljašnje Temperature - Sonda za ekstrakciju

- ▶ Mere se Temperatura, Pritisak i Brzina
- ▶ Brzina tečenja ne sme biti prevelika
- ▶ Razmena topline između vode i okruženja se ne može svesti na nulu, pa se koriste korekcije mernih rezultata
- ▶ Za cevi većih prečnika koristi se više sondi za merenje jednog preseka



Merenje unutrašnje Temperature

- ▶ Kada se ne mogu primeniti sonde za ekstrakciju (Otvoreni kanali, velike dimenzije mašina, itd.):
- ▶ Termometar se postavlja unutar glatke perforirane cevi, koje se privremeno ugrađuju u nizvodni deo hidrauličke mašine
- ▶ Uzvodna strana se retko koristi, zbog pojave većih brzina koje dovode do povećanih vrednosti temperature



Merenje protoka

Tabela 1: Lista karakteristika uobičajenih metoda merenja protoka u turbini

METOD	PREDNOST	NEDOSTATAK
Metoda pritisak-vreme	<i>Mali instalaterski radovi</i>	<i>Nedostatak praktičnog iskustva, rizik od oštećenja od odbacivanja opterećenja, zahtevi za usisnu cev.</i>
Termodinamička metoda	<i>Visoke preciznosti</i>	<i>Potreban je termometar visoke preciznosti otporan na pritisak vode.</i>
Ultrazvučna metoda	<i>Može se trajno opremiti</i>	<i>Normalna tačnost, veliki instalaterski radovi. Potrebna kalibracija i verifikacija na terenu.</i>
Vinter-Kenedi metoda	<i>Lako merenje</i>	<i>Niska tačnost, ne može se dobiti absolutni protok, ne može se koristiti za procenu ugovorne garancije.</i>
Metoda strujnog merača	<i>Za sve vode</i>	<i>Ogromna instalacija instrumenta, strogi zahtevi za ispitivanje, rizik za merenje.</i>

- ▶ Ultrazvučna metoda nije dobra za primenu kod turbin većih prečnika
- ▶ Teško se instalira i tačnost nije dovoljno velika

Pouzdanost metode

- ▶ Pouzdanost ove metode zavisi od više faktora:
- ▶ Tačnost ulaznih podataka
- ▶ Kvalitet opreme korišćene za merenje temperature i pritiska
- ▶ Validnost termodinamičkih jednačina korišćenih za izračunavanje efikasnosti
- ▶ Dobro dizajniran i dobro kalibriran sistem bi trebao dati pouzdane rezultate, ali faktori kao što su greška u merenju, pouzdanost i kvalitet upravljanja instrumentima mogu doprineti smanjenju pouzdanosti
- ▶ Očekivana pozdanost mernih rezultata u dobrim uslovima je između 1% i 2%.

Zaključak

- ▶ Termodinamička metoda je primarna za određivanje efikasnosti a sekundarno se može iskoristiti i za merenje protoka !
- ▶ Termodinamička metoda je osnovana na prvom zakonu termodinamike i koristi princip odnosa između temperature i pritiska tečnosti kako bi se odredio protok.
 - ▶ Ova metoda se koristi u hidrauličkim mašinama sa visinom dizanja većom ili jednakom 100m
 - ▶ Efikasnost se računa primenom prilagođene jednačine, a za merenje brzine koriste se instrumenti, kao što su termometri, posuda za uzorkovanje, vodomer i sl
 - ▶ Određivanje protoka se računa iterativnim postupkom.

Hvala na pažnji!