

MÆLING Á NÝTNI VATNSTÚRBÍNA
EFTIR POIRSON TERMOMETRSKU AÐFERÐ

eftir G. Willm og P. Campmas

Þýðandi:

Grétar Zophóníasson

Pittur

La Houille

Blanche

nr. 5 1954

MÆLING Á NÝTNI VATNSTÚRBÍNA
EFTIR POIRSON TERMOMETRISKU AÐFERÐ

Eftir G. Willm og P. Campmas,
verkfræðinga við "Électricité de France".

Hin termometriska aðferð til þess að mæla nýtni vatnstúrbína og vatnspumpna (vatnsdæla) grundvallast á hitabreytingu þeirri, sem áþsér stað í vatninu meðan það rennur í gegnum vélina. Reiknileg greinargerð fyrir útleiðslu aðferðarinnar og formúlur fyrir nýtnina í hinu almenna tilfalli. Gert er grein fyrir orsökum villa og bent á stærðargráðu þeirra. Lýst er tækjum þeim, er nauðsynleg eru til þess frá atvinnulegu sjónarmiði að virkja vatnsfall milli 100 og 1000 m. Yfirlit yfir hvernig takast skal á hendur tilraunir bæði frá teoretisku og praktisku sjónarmiði.

Samanburður á útkomum þeim, er náðst hafa með hinni termometrisku aðferð og þeim, er náðst hafa með myllurannsóknunum sýnir gott samræmi, þegar góð rannsóknarskilyrði eru fyrir hendi. Reynslan sýnir vel kosti aðferðarinnar svo og flýti hennar og hve auðvelt er að túlka útkomur þær, er hún gefur.

INNGANGUR

Rifjum stuttlega upp höfuðefni hinnar termometrisku aðferðar.

Þau orkutöp, sem eiga sér stað í vatnshreyflum valda upphitun vatnsins. Þar af leiðir, að ef mælt er hitastig vatnsins við innrennsli og útrennsli hreyfilsins, gerir það oss fært að ákvarða þá orku, sem tapast í hverri einingu streymisins, þ.e.a.s. $\frac{1}{Q}$.

Ef nettóháð vatnsfallsins er þekkt, fæst nýtnin strax

$$= 1 - \frac{1}{QH_n} = 1 - \frac{1}{Q} \frac{1}{H_n}$$

Þessi aðferð var framsett þegar 1914 af Hr. Poirson. Hún hefir verið rannsökuð sérstaklega af Barbillon og Caillard. Höfundar þessir sýndu fram á, að afl það, er tapast í hreyflinum í óslitinni vinnslu (Permanent service) er sem hér segir:

$$= JCQ (\quad - \quad)$$

Q: rennslið gegnum hreyflsins.

C: hitagildi vatnsins (eðlishiti).

: hitastig vatnsins við útrennslið.

: hitstig vatnsins við innrennslið.

J: hið mekaniska gildi hitaeiningarinnar.

Líking þessi gerði það fært að setja fram ýmsar formúlur (udtryk) fyrir nýtnina, en hún gerði sérstaklega ráð fyrir, að hin termisku fyrirbrigði, sem standa í sambandi við þrýstingsbreytingar vatnsins, væru þýðingarlausar.

Flestar þær tilraunir, sem gerðar hafa verið á hinum termometrisku aðferð í Frakklandi, hefir Poirson sjálfur innt af hendi svo og Fontaine og Volle. Allir þrír notuðu kvikasilfurshitamæla, þar sem lesa mátti 1/100 úr gráðu. Þeir sýndu fram á hve fljótlegt og auðvelt var að nota þessa aðferð og þeir náðu, í mörgum tilfellum, góðum árangri. Fontaine hefir sýnt mjög laglega hvernig nota má aðferðina til þess að finna þau tölur, sem eiga sér stað í vélundarhúsi Francis-hreyflanna og Volle, sem rannsakaði hærri fossa, sýndi fram á mikilvægi hita þess, er fram kemur við undirþrýsting vatnsins, fyrirbrigði, sem var þekkt, en sem talið var án þýðingar og með röngu.

Í eftirfarandi grein færumst við á hendur að:

- 1) Endurtaka hina stærðfræðilegu greinargerð aðferðarinnar og setja fram formúlu nýtninnar við notkun hinna termodynamisku lögmála;
- 2) Sýna fram á hvernig byggja má upp og nota nýtt tilraunakerfi í samræmi við undanfarandi reikninga.

FYRSTI HLUTI

Reiknileg greinargerð fyrir hinni termometrisku aðferð og útleiðsla formúlu nýtninnar.

Vér notum setninguna um varðveizlu orkunnar í kerfi því, sem myndað er af hreyflinum og vatni því, sem rennur gegnum hann. Af því leiðum vér, að til er samband milli tapanna í hverri einingu rennslisins og upphitun vatnsins, en þetta er grundvöllur hinnar termometrisku aðferðar. Út frá þessu starðfræðilega sambandi leiðum vér formúluna fyrir nýtninni.

1. Forsendur

Lítum á vatnshreyfil, við gerum ráð fyrir

- a) að hreyfilinn starfi án afláts. Í hverjum punkti kerfisins eru hinar ýmsu hjálparstarðir (parametrar) óbreytanlegar með tímanum.
- b) Að engin breyting verði á ástandi vatnsins og engir kemiskir processar eigi sér stað í því.
- c) Að hraði og eðlisþyngd vatnsins séu stöðugir, þar sem að- og frárennslisrör eru bein, og að allur þrýstingur sé hydrostatiskur. Síðar munum vér sjá, að hægt er að draga almennar ályktanir af reikningum þessum, þegar um er að ræða praktískt tilfelli, þar sem forsendur þessar eru ekki alltaf fyrir hendi.
- d) Að hin innri orka vatnsins sé í sambandi við þrýstinginn og hitastigið og að hún sé í beinu hlutfalli við magnið. Þessi síðasta forsenda er grundvöllur vökvarannsókna. Hún er sönnuð með hinu góða samræmi, sem er á milli hinna thermodynamisku kenninga og tilrauna (eða reynslunnar).

2. Skýringar

Vér nefnum:

- () : Þversnið á aðrennslisrörunum við innrennslis í hreyfilinn.

- S_e : Þverskurðarflatarmál röranna.
- (s) : Þversnið á frárennslisrörunum við útrennsli hreyfilsins.
- (S_s) : Þverskurðarflatarmál þversniðanna.
- V : Hraðinn
- P : Hinn absoluti þrýstingur.
- : Eðlisþyngdin. á vatninu í
- : Eðlisrúmmál. punktinum M ,
- b : Hitastig í centigráðum sem á er litið
- T : Hið absolutta hitastig
- z : Hæð (kóti) M

Við stafinn er settur vísirinn "e", þegar vér lítum á innrennslisþversniðið og "s", þegar litið er á útrennslisþversniðið. Ef hin tvö þversnið eru ekki lárétt, þá nefnum vér P_e og P_s þrýstingana í þyngdarpunktum þessa þversniða og Z_e og Z_s hæð (kóta) þessa þyngdarpunkta.

Fyrir það annað þá gerum vér ráð fyrir, að hraðarnir V_e og V_s hafi lóðrétta stefnu á () og (). Ef það er ekki tilfellið, er nauðsynlegt að innfæra horn það, er hraðarnir mynda við normala þverskurðanna.

Vér nefnum:

- t : Tíminn.
- g : Flýtni þyngdarkraftsins.
- Q : Magn það, sem rennur gegnum hreyfilinn á tímaeiningu.
- F : Kerfi það, er myndað er af hreyflinum og vatninu til samans á milli þverskurðanna og í augnablikinu t .
- \dot{W} : Það nothæfa afl, sem kerfi þetta gefur frá sér.
- : Hitamagn það, sem kerfið (F) tekur á móti á tímaeiningu
- : Vinna ytri krafta, sem verka á kerfið (F).
- K : Hin kinetriska orka kerfisins (F).
- U : Hin innri orka kerfisins (F).
- $u()$: Hin innri orka hverrar massaeiningar vatnsins.

Að síðustu, á augnablikinu $t+dt$, er vatnið í kerfinu flutt til þversniðanna () og () og fjarlægðirnar milli þversniða þessarra er:

$$\begin{aligned} dx_e &= V_e dt & \text{fjarlægðin} & (\quad) \\ dx_c &= V_s dt & \text{"} & (\quad) \end{aligned}$$

3. Notkun setningarinnar um varðveizlu orkunnar

Vér gerum ráð fyrir, að hinar ýmsu stærðir, sem fyrir koma í reikningunum, séu mældar í samræmdu einingakerfi.

Setningin um varðveizlu orkunnar notuð til þess að umsetja kerfið (F) frá augnablikinu t til $t+dt$ gerir oss fært að skrifa:

$$dU + dK = d \quad + q dt \quad (1)$$

a) Hvernig reikna skal dU .

Þar eð álagið er stöðugt (hreyfillinn er alltaf undir sama álagi) er hægt að líta svo á milli augnablikanna t og $t+dt$, að:

- 1) Ástand hreyfilsins og vatnsins milli () og () hefir haldizt óbreytt.
- 2) Bætt hefir verið við kerfið (F) vatninu milli () og () og dregið frá vatnið milli () og ()

Mynd 1 - notkun setningarinnar um varðveizlu orkunnar.

Þar af leiðir

b) Reikningur á dK .

Svipuð rökfærsla gerir oss fært að skrifa

c) Reikningur á d

Vinna hinna ytri krafta, sem virka á kerfið (F) er fólgin í:

- Vinna d þyngdarkraftanna þar eð þessir kraftar eru háðir potentiali, þá er vinnan aðeins komin undir byrjunar- og lokaástandi kerfisins. Hægt er að líta svo á, að á tímanum milli t og $t+dt$ hafi vatnið milli () og verið flutt til svæðisins milli () og og rest kerfisins F hafi verið óhreyfð. Hin tilsvaramandi vinna er:

$$d = (z_e - z_s) g Q dt$$

- Vinna þrýstikraftanna, sem verka á þversniðin og :

$$d_2 = P_e S_e dx_e - P_s S_s dx_s$$

En

$$S_e \frac{dx_e}{g} = S_s \frac{dx_s}{g} = Q dt$$

Varðveizla massans.

Þar af leiðir:

$$d_2 = \frac{P_e}{g} - \frac{P_s}{g} g Q dt$$

- Vinnan d_3 kraftanna, sem verka á öxul hreyfilsins

$$d_3 = - W dt$$

Þar af leiðir:

Er við setjum inn í líkingu (1) gildi dU , dK og d , sem við höfum þegar reiknað og ef sett er:

$$H_e = \frac{V_e^2}{2g} + \frac{P_e}{\rho} + z_e$$

$$H_s = \frac{V_s^2}{2g} + \frac{P_s}{\rho} + z_s$$

Þá fæst

$$u(s, P_s) - u(e, P_e) = g H_e - H_s + \frac{q - W}{Q} \quad (2)$$

Til þess að gera þetta einfaldara, þá sleppum við hlutfallinu q/Q og fáum

$$\frac{W}{Q} = (gH_e + u_e) - (gH_s + u_s) \quad (3)$$

Vér tökum það strax fram, að engin orkuskipting á sér stað út á við:

$$W = 0$$

$$u + gH = \text{constant}$$

Til þess að reikna w/Q getum við síðan í staðinn fyrir innrennslisþversniðið () og útrennslisþversniðið () sett hvaða þversnið sem vera skal () og (), sem eru (henholdsvis) fyrir ofan og fyrir neðan hreyfilinn með því skilyrði, að orkuviðskiptin út á við milli () og () í fyrsta lagi og () og () í öðru lagi séu þýðingarlaus.

Ennfremur höfum vér, ef vér tökum vatn í þversniðinu () og flytjum það án orkuviðskipta út á við í mælirör 1, þá höfum vér:

$$gH_e + u_e = gH_A + u_A = gH_1 + u_1$$

Með sömu aðferð milli þversniðsins () og mælirörs 2, getum vér skrifað:

$$\frac{W}{Q} = (gH_1 + u_1) - (gH_2 + u_2) \quad (3')$$

Líking, sem hefir þann kost að í henni koma aðeins fyrir útkomur á beinum mælingum, þar eð oft er því svo fyrir komið, að erfitt er að komast að aðrennslisrörunum og frárennslisrörunum sem slíkum.

Vér notum aðeins þessa síðustu líkingu, þar eð gert er

ráð fyrir, að ein af mælirörunum eða þau bæði geti staðist í sambandi við eitt eða bæði þversniðin fyrir ofan og neðan hreyfilinn.

4. Reikningur hinna innri orkubreytinga vatnsins

Til þess að meta

$$u(1, P_1) - u(2, P_2)$$

getum vér litið á hverja umbreytingu sem vera skal sem lætur eina massaeind vatns flytjast frá $1P_1$ til $2P_2$.

Athugum "reversible elementera" umbreytingu. Setningin um varðveizlu orkunnar gerir okkur fært að skrifa á hinn venjulega hátt:

$$du = d + dq$$

$$d = -Pd = -P \frac{1}{\rho} d\rho + \dots d$$

$$dq = hdP + cpd$$

C_p = eðlishiti við óbreyttan þrýsting. Ef tekið er tillit til líkingu Clapeyrons.

$$h = -T \frac{1}{\rho}$$

fæst sambandið

$$du = -T \frac{1}{\rho} + P \frac{1}{\rho} d\rho + cp - P \dots d$$

Ímyndum oss ísoterma þrýstingslökkun frá P_1 til P_2 , sem fylgt sé af upphitun með óbreyttum þrýstingi P_2 frá 1 til 2.

Líking (4) gerir oss fært að skrifa

Þar af leiðir

Þar eð leyfilegt er að líta svo á, sem Cp_2 sé konstant því að $2 - 1$ er lítil stærð.

Ath. Ef lítið er fyrst á upphitun við sama þrýsting sem fylgt er, ef þrýstingslökkun við sama hitastig er hægt að sýna fram á, að

5. Grundvallarlíking

Hún er strax leidd út af líkingu (3') og (5)

Mismunurinn $H_1 - H_2$ inniheldur eðlisþyngd vatnsins og . Vér innfærum "samanburðareðlisþyngd" (eða eðlisrúmmál), mælt undir hýaða kringumstæðum sem vera skal, en vel skilgreindum hvað viðvíkur hitastigi og þrýstingi

og

Vér finnum það samband, sem er á milli hins nothæfa afls, sem hreyfillinn gefur frá sér fyrir hverja rennslis-einingu og hjálparstærðanna (þrýstings, hitastigs, kóta og hraða), sem sýna oss ástand vatnsins í hinum 2 mælirörum.

Við höfum sett

Athugasemdir: 1. Hina grundvallandi líkingu (6) má nota á

hvaða hydrolískt kerfi sem vera skal og sérstaklega á
dælur ($W = 0$) og á "difusers (expanders)" ($W = 0$).

Einnig er hægt að nota hana til að reikna töpin í
völundarhúsi Francis-hreyfla ($W = 0$), sem sýna aflið, sem
fer til þess að bremsa hjólið.

2. Í sambandi við mælingar á rafmagnsafl, þá gerir
líking (6) oss einnig fært að reikna rennslið gegnum hreyf-
ilinn. Ef afl generatorsins er W_a af nýtni hans η fast
vitanlega

$$Q = \frac{W_a}{\eta} \frac{1}{W/Q}$$

Þessa aðferð má nota til þess að bera saman við útkomur
rennslismála.

3. Við venjuleg skilyrði er P_2 nálægur hinum atmosfæriska
þrýstingi 0 20°C .

Þessi stærð er því mjög lítil og líkingin fyrir a verður þá

6. Skilgreining og reikningur á nettófallhæð

Skilgreina má nettófallhæð vatnshreyfils sem afl hverrar
rennsliseiningarþyngdar W $1/q$ Q' sem "ideal" hreyfill gefur
frá sér, þ.e.

- 1) án vatnstapa
- 2) Gleypir vatninu inn við sömu byrjunarskilyrði
sem hinn raunverulegi hreyfill (skilyrði, sem eru

óháð hreyflinum)

$V_e, P_e, z_e, e, V_s, P_s, z_s,$

3) fullnægir þeim frárennisskilyrðum, sem krafist er.

er hitastig vatnsins við frárennsli þessa "ídeala" hreyfils.

Það að engin vatnstöp eru fyrir hendi, kemur fram í eftirfarandi líkingu:

sem fæst með því að skrifa að vinna núnings- og viskositetskraftanna er núll.

Ef líking (3) er notuð á þennan ídeala hreyfil getum vér skrifað

$$\frac{W'}{Q'} = g(H_e - H'_s) + Pd$$

Af skilgreiningu höfum vér $H_n = \frac{W'}{gQ'}$

Einnig hér göngum vér út frá eðlisrúmmáli og lýsum H_n í eftirfarandi formi:

Þar eð við setjum:

Vér tökum það fæm, að undir venjulegum skilyrðum höfum vér

ennfremur:

er ekki stærra en ca 10^{-4} .

Líkingin fyrir er því "reduceret" til

Athugasemd: Í kerfi á vatnstöp og sem gefur enga orku frá sér fæst $H_n = 0$.

Þar af leiðir

Vér þekkjum hér líkingu Bernoulli útleidd hér án þess að vanrækja sama þrýstingshæfileika vatnsins.

\overline{x} "moy", þýðir venjulega moyen = meðal (í meðallagi).

Í því sérstaka tilfalli, að hydrostatískt jafnvægi sé (sama hitastig) þá er hægt að draga undanfarandi líkingu saman til

sem hægt er að leiða beint út af grundvallarlíkingunni.

$$\frac{dP}{dz} = - \rho g$$

7. Skilgreining og framsetning nýtninnar

Samkvæmt skilgreiningu er nýtni vatnshreyfils

$$\eta = \frac{W}{gQH_n}$$

Af líkingum (6) og (9) finnum við strax

Hin kinetíska orka vatnsins í mælunum er venjulega mjög lítið og vér getum sleppt stærðunum $V_1^2/2g$ og $V_2^2/2g$.

Athugasemd: Notkun formúlu þessarar krefst þess, að vér þekkjum V_e og V_s , þ.e. rennslið. Hún myndi því missa mikið af gildi sínu ef ekki væri tekið eftir því, að $V_e^2/2g$ og $V_s^2/2g$ oftast eru ekki nema nokkur % af $(\rho/g) P_e$. Ennfremur eru mælingar á þessum stærðum oft háðar hlutfallslega stórum skekkjum og réttlætir það notkun dynamískra mælinga,

sem auðvelt er að framkvæma, eða einfaldar raforkumælingar og notkun formúlu (6^{bis}).

EINSTÖK TILFELLI

a) $P_1 = P_2 =$ loftþrýstingurinn.

Mældur er hiti vatnsins (sem tekið er ofan við hreyfðlinn) eftir að það hefir þanizt fullkomlega út

Þessi formúla er hin mest notaða af þeim, er fengið hafa við tilraunir. Hún hefir þann kost, að korrektionsstærðin a kemur ekki fyrir í henni, sem sérstaklega tekur tillit til hinna termisku fyrirbrigða, sem fylgja útpenslu vatnsins. Strangt tækið er ekki hægt að sleppa stærðinni, en þessi stuðull er alltaf mjög lítil.

Aftur á móti krefst formúla þessi nákvæmra mælinga á og nákvæmrar þekkingar á C_p2 (sem getur breyttzt með hita og aurinnihaldi vatnsins.

b)

Vatns, sem hitað er úr aðrennslisleiðslunni, er látið þenjast út unz það nær sama hitastigi og vatn, sem tekið er úr frárennslisskurðinum

Þessi aðferð hefir ýmsa kosti. Eina hitamælingin, sem fyrir kemur, er núllmæling

Eðlishiti vatnsins kemur ekki meira fyrir.

Breytingarnar á eðlisþyngd vatnsins (sem óhreindandi valda) hafa aðeins áhrif á korrektionsliðina og og á stærðir, sem venjulega eru án mikilvægis. Þessar stærðir eru

en hafa ekki áhrif á höfuðliðina, sem er þrýstingur, mældur beint.

c) Detendeur (tæki til útpenslu).

Þar eð tæki þetta hefir nýtnina 0, þá er hækkun hitastigsins, sem á sér stað meðan vatnið þenst út (dregst saman), gefið með formúlunni

Þessa líkingu má sérstaklega nota til þess að vega upp á móti hitamælitalækjunum undir gefnum tilraunaskilyrðum. Öfugt má teoretískt nota hana til þess að mæla þrýstingsmismun og sérstaklega til þess að mæla nettófallhæð. Að lokum fæst eftirfarandi líking með því að leysa með tilliti til

sem nota mátti til þess að mæla beint með því skilyrði, að þrýstings- og hitamælingar séu framkvæmdar með mikilli nákvæmni.

8. Formúlur og númerisk gildi

Vér endurtökum hina almennu formúlu nýtninnar:

Að undanteknum nokkrum mjög sjaldgæfum tilfellum, þá er frárennslisop hreyfilsins og neðra mæliröris undir loftþrýstingi, og hin kinetíska orka í mælirörunum er mjög lítil. Ef við setjum:

P = hinn hlutfallslega þrýsting miðað við loftþrýstinginn (í kg/cm^2).

C = eðlishiti vatnsins við loftþrýsting (í th/gr)
(sennilega $\text{grammkaloría/gramm}$) og með því að setja
í cm^3/gramm
í $^{\circ}\text{C}$
og $V^2/2g$ í m

fæst

Sam frumstærð notum vér eðlisrúmmál vatnsins við 4°C og loftþrýsting. Fyrir hreint vatn er $= 1$

Það svæði, sem C tekur yfir við venjuleg iðnaðar- eða vinnsluskilyrði, eru ekki nema nokkrir þúsundhlutar og nota má því $C = 1$, þegar $427(\quad - \quad)$ er lítil stærð miðað við

10 P₁ (1-).

Ef 472 (-) aftur á móti er höfuðliðurinn, þá er vissara að taka tillit til breytinga C með hitastiginu.

Stöð í tilfalli af hreinu vatni, þá eru gildi og gefin í myndum 2 og 3. Þessi gildi hafa verið reiknuð eftir útkomum, sem eftirfarandi höfundar hafa birt:

Barbaudy: Almenn efnafræði (Paul Pascal).

Gildi og við loftþrýsting.

Amagat og Decombes: Eðlisfræðilegir stuðlar vatns (Chenais)

Gildi fyrir 100 og 500 kg/cm².

Meðalgildi 1/100 kg/cm² og 100/200 kg/cm².

Daugherty: Eðlisfræðilegir stuðlar vatns (Chenais).

Sönn gildi við 0 og 20°C.

Athugasemdir:

a) Minnum á, að gildi nýtninnar er hlutfall milli tveggja stærða algjörlega óháðra.

- Teljarinn

Í tilfalli af hreinu vatni, sem er mældur milli í tveim þversniðum, einu fyrir ofan, öðru fyrir neðan hreyfilinn. Í þessum þversniðum () og () er það nægilegt að heildarorka vatnsins (uxgh) sé konstant. Í þessum þversniðum geta komið fyrir miklir hraðar og vatnsorkutruflanir, ef lokalupphitun vegur upp á móti (kompenerar) hinum síðastnefndu.

sem mæla skal milli inn- og útrennsliþversnið hreyfilsins. Í þessum þversniðum () og () á vatnsorkan H að vera stöðug, en það útilokar mikla hraða og önnur sérstök tilfalli.

() og geta náttúrulega verið hin sömu þversnið og () og ().

b) Í hinni termometrisku aðferð til þess að mæla nettófallshæðina koma fyrir breytingar í eðlisþyngd vatnsins, þar sem ekki er gert ráð fyrir þessu í myllumælingum. Sem sagt, þegar myllu er komið fyrir í aðrennsliðrunum, þá mælir

hún rúmmálsrennslið (m^3/sec) Q_v við aðrennsli hreyfilsins. Vatnsorkan er þá

þar eð P_e er höfuðliðurinn, má sleppa breytingunum í .
Ef vér aftur á móti framkvæmum mælingarnar í frárennslis-
skurðinum, þá verður vatnsaflíð

Og breytingar eðlisþyngdarinnar hafa sömu þýðingu og í
hinni termometrisku aðferð.

9. Almenn

Við höfum útleitt undanfarandi formúlur með því að gera
ráð fyrir, að hraðarnir, þrýstingarnir og hitastigin séu
hinir sömu hvar í þversniðinu sem er (í inn- og útrennslis-
þversniðunum). Við rannsökum nú praktískt tilfelli.

a) Ákvörðun H_n .

Mat nettófallhæðarinnar, þegar hraðarnir og þrýstingarnir
eru ekki alls staðar jafnir í inn- og útrennslisþversniðunum
() og () er ekki viðfangsefni, sem sérstaklega snertir
hina termometrisku aðferð. Það kemur fyrir og hefir verið
meðhöndlað, þegar um hefir verið að ræða aðrar aðferðir,
til þess að mæla nýtnina.

b) Reikningur á W/Q .

Reynslan virðist sýna fram á, að "heilðarorka" $u + gH$,
vatnsins breytist almennt mjög lítið í þversniði í að-
rennslisrörunum. Þetta gildir jafnvel í þversniðum, þar
sem truflanir koma fyrir, því að lokatöpum fylgir loka
upphitun. Hið sama gildir venjulega við útrennsli

hreyfilsins. Samt sem áður, í sérstökum tilfellum (sérstaklega af vatn er tekið mjög nálægt hjólinu til þess að rannsaka í smáatriðum gang hreyfilsins (staðsetja töpin), þá getum vér mætt hlutfallslega miklum orkuósamstöðum. (Orkan varíerar eftir því hvar við erum í þversniðinu). Í því tilfalli er auðvelt að sýna fram á, að formúla nýtninnar gildir samt sem áður, ef notað er vel útjafnað meðaltal þeirra mælinga, sem gerðar eru í mismunandi punktum þversniðsins. Útjöfnunarstuðullinn er v/v_s (V_s meðalhraðinn).

Ekki er nauðsynlegt að þekkja útjöfnunarstuðullinn með mikilli nákvæmni, þar eð hann kemur aðeins fyrir sem korr-
ektionsliður.

10. Fyrirbrigði, sem valdið geta skekkjum í hinn termometrisku aðferð.

a) Óhreinindi vatnsins.

Óhreinindi í upplausn, eða sem vatnið flytur fram, breyta hinum eðlisfræðilegu stuðlum (eiginleikum) vatnsins) En vér höfum séð, að ef vér notum aðferðina með (delvis) úþenslu, þá virka breytingar þessar (sem sjálfar eru hlutfallslega litlar) aðeins á lið 1, sem venjulega hafa litla þýðingu.

Til skýringar tókum vér sem dæmi vatn við 10° undir 10 kg/cm^2 , þar sem 1% af rúmmáli þess er sandur ($d = 2.5$). Eðlisþyngdin hefir aukizt um 1.5%. Annars vegar, $\rho = 2,5 \times 10^{-2}$ fyrir hreint vatn breyttist mjög lítið. Loks er nálægt núlli.

Ef liðirnir $V^2/2g + \dots$ eru 10% af fallhæðinni, þá veldur sandurinn sem flyzt fram, skekkjum í nýtninni af starðar-
gráðunni 0,15%, sem sagt mjög lítilli skekkju.

Vér höfum getað sannað með tilrannum þessa útkomu í St. Martin aflstöðinni (tilraunir gerðar þann 23. júlí 1953). Meðan tilraunirnar stóðu yfir, með mjög hreinu vatni, féll bakki niður í ánni og varð af því mikill sandbuður, en vér

gátum ekki séð, að það breytti nokkru í útkomu þeirri, er aðferðin sýndi.^{x)}

b) Hitaviðskipti út á við.

Þar eð hitastigið í stöðinni er venjulega hærra en hitastig vatnsins, mætti óttast upphitun vatnsins, er það streymir gegnum hreyfilinn.

1) - með leiðslu, konvektion og geislun. Það hitastreymi, sem vatnið tekur á móti utan frá, getum við sem fyrstu nálgun (approximation) skrifað þannig

S = það yfirborð, sem hitinn streymir í gegnum.

f = hitastig aflstöðvarinnar

= hitastig vatnsins

A = heildartransmissionsstuðullinn.

2) - við þéttun vatnsins á málmlutum hreyfilsins.

Með því að setja gildi A : $10 \text{ watt/m}^2/\text{°C}$ höfum vér fundið við það hreyfla, sem vér höfum rannsakað, svo litla upphitun, að sleppa má henni. En sem stendur, þá vantar oss nákvæmar upplýsingar um þessi hitaviðskipti, og er það samræmi hinnar termometrisku aðferðar við aðrar aðferðir, sem gerir oss kleift sem stendur að taka ekki tillit til þessa liðar.

c) Ástandsþreytingar vatnsins.

Í vatnshreyfli getum vér haft uppgufun vatns á ýmsum stöðum; vatnsbólur þær, sem þannig myndast hverfa annars fljótlega. Þetta er froðufyrbrigðis.

Þessar ástandsþreytingar hafa engin áhrif á notkun setningarinnar um varðveizlu orkunnar, nema hvað snertir þá þreytingu hinnar innri orku, sem þeim fylgir. Ennfremur hafa þær engin áhrif á mælingar neðan við hreyfilinn, eftir að gufan hefir þétt fullkomlega.

^{x)} Í þessu tilfelli var $V/2g + 1\%$ af fallhæðinni.

Aftur á móti geta mælingar í froðusvæðinu verið fullkomlega rangar. Í aflstöðinni í Val Beneyte til dæmis^{xx)} sýndu vatnstökur rétt undir hjólinu nýtnina nálægt 1, þegar mælingar við útrás sugurnar reyndust réttar.

d) Brottför lofttegunda og upplausn þeirra. Vatnið inniheldur venjulega viss magn af lofttegundum í upplausn.

Þegar vatnið streymir í gegnum hreyfilinn, verður það fyrir þrýstingsbreytingum, sem, um leið og þeir breyta mettunarsamanþjöppunum, geta valdið brottrekstri eða upplausn vissra lofttegunda, fyrirbrigði, sem hefir í för með sér aðkomu eða brottför hita, þar af kæling eða upphitun vatnsins.

Meðal þeirra lofttegunda, sem vér getum hitt fyrir við venjuleg vinnsluskilyrði og í nokkru magni má nefna:

- Súrefni og köfnunarefni, sem alltaf eru fyrir hendi í mismunandi magni.
- Metan og brennisteinsvatnsefni, sem aðeins koma fyrir sem undantekningar.

a) Súrefni og köfnunarefni.

Erfitt er að ímynda sér, að vatnið sé í snertingu við mikið magn lofts undir þrýstingi. Oss nægir því að gera aðeins ráð fyrir þeim mettunarsamanþjöppunum, sem gefnar eru í töflunni hér að neðan.

Magn uppleystra lofttegunda við mettun í 1 lítra af vatni, þegar það er í snertingu við loft við loftþrýsting

| Temp. °C | Nitrogen | | Oxygen | |
|-------------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|
| | cm ³ -0°C-760 mm Hg | | cm ³ -0°C-760 mm Hg | |
| 0 | 18.8 | | 9.8 | |
| 10 | 14.9 | | 7.6 | |
| 20 | 12.4 | | 6.2 | |

Við tökum það fram, að við fyrstu nálgun eru mögn þau af köfnunarefni og súrefni, sem uppleyst eru, í réttu hlutfalli við þrýsting hveirrar lofttegundar fyrir sig (Menrys lögmál), en þetta gerir oss fært að útreikna mettunarsaman-

^{xx)} Francishreyfill með lóðréttum öxli

Þjappanirnar við önnur tilraunaskilyrði. Þar eð vér vitum, að 1 m³ köfnunarefnis og 1 m³ súrefnis gefa frá sér 0,14 og 0,16 kaloríum^x), er hægt að leiða þar af hitabreytingarnar, sem stafa af fullkominni brottför (eða aðkomu) lofttegunda í vatninu.

Hitastigsbreytingar, sem stafa af, að vatnið missir fullkomlega lofttegundir sínar.

| Temperature °C | $\ln \frac{1}{1000}$ °C |
|----------------|-------------------------|
| 0 | 4.3 |
| 10 | 3.3 |
| 20 | 2.7 |

Raunverulega fyrirstilla þessi gildi ekki annað en takmörk, sem aldrei er náð. Í reyndinni er ekki hægt að sjá fram á nema þrjá processa varðandi brottför eða aðkomu lofttegunda í vatnshreifli.

- Vatnið, sem ekki er mettað í upphafi, uppleysir loft meðan það streymir gegnum hreyfilinn (sérstaklega þegar um er að ræða Peltonhreyfil). Undir öllum kringumstæðum er magnið, sem uppleyst er, mjög undir því hámarki, sem ofan er nefnt.

- Vatnið, sem í upphafi er næstum mettað, verður fyrir augnabliks undirþrýstingi (suga Francistúrbínu), missir hluta af eða allar lofttegundir sínar (Henrys lögmál) og getur ekki uppleyst fyllilega hinar brottförnu lofttegundir (til dæmis vegna seinkunar í aðkomu lofttegunda). Einnig hér höfum við fyrirbrigði, þar sem aðeins er um að ræða brot af því, sem vatnið gæti uppleyst.

- Vatnið er mettað við hitastigið og er upphitað til hitastigsins áður en það rennur í gegnum hreyfilinn án þess

^x) Meðalgildi milli 0°C og 20°C

að jafnvægið loft-vatn geti haldizt (seinkun, samanhleðsla í botni á holu "retenu", eitthvað sem meinar vatninu framrás). Ef til dæmis vatn frá snjóbráð, sem er mettað við 0°C , er safnað saman í holubotni, sem er nógu djúpur, og hitað upp til 10°C , er hægt að reikna það út, að aldri þyrfti til þess að innihald þess af súrefni og köfnunarefni yrði "við diffusion, jafnt því, sem þarf til þess að metta það við 10°C . En ef, í hreyfli, þetta vatn er sett undir loftþrýsting, þá koma vatnsbólur í ljós og það að þær tamast getur valdið hitalækkun vatnsins um maximalt $1/1000^{\circ}\text{C}$.

b) Metan og brennisteinsvetni.

Þessar lofttegundir eru aðeins fyrir á stöðum, þar sem gerjun stendur á (til dæmis í djúpum holum, sem vatn hefir nýlega flætt yfir). Þar á móti geta mögn þeirra verið mikil; við sjáum nefnilega, að ef lofttegundir þessar myndast í dýpi, þá leysast þær strax upp og hægt er að ná mettun, sem svarar til "partiölle" þrýstings, sem er jafn þrýstingnum í því dýpi, sem lítið er á.

Einn lítri vatns, sem lofttegund við eigin þrýsting 760 mm kvikasilfurs streymir gegnum, getur uppleyst^{x)}.

við 0°C 55,6 cm^3 af CH_4 4670 cm^3 af H_2S
 við 10°C 41,8 " " " og 3399 cm^3 af H_2S
 við 20°C 33,1 " " " og 2582 " " "

Henrys lögmál má nota á upplausn Metans. Að öðru leyti eyðast 0,18 kaloríur til þess að hrekja brott 1 cm^3 af Metan^{xx)}.

Hægt er því að reikna út hitastigsbreytingar þær, sem stafa af brottför metans við gefin tilraunaskilyrði.

Brennisteinsvetni myndar fjölmörg sambönd við vatn og sérstaklega hydrolið $\text{H}_2\text{S} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, en myndunarhiti þess er 14000 kaloríur. Eigi er hægt að nota Henrys lögmál á þessa lofttegund nema við þrýsting undir loftþrýstingnum; í þessu tilfalli eyðast 0,21 kaloríur, þegar vatnið missir 1 cm^3 af brennisteinsvetni. xxx)

x) Rúmmál mælt við 0° og 760 mm kvikasilfurs

xx) Við hitastig milli 0 og 20°C

xxx) " " " " " "

Það sést, að ef vatnið missir allt sitt magn af brennisteinsvetni við 0° og loftþrýsting (eigin þrýstingur), þá lækkar hitastigið um $0,80^\circ\text{C}$.

Í öllum tilfellum (loft, H^2S , CH^4) er hægt að sýna fram á breytingarnar í innihaldi vatnsins af lofttegundum með því að taka brott lofttegundirnar úr vatni, sem tekið er ofan og neðan hreyfilsins. Þetta skal gert við lágan þrýsting (með kvikasílfursmanometerröri til dæmis) og leiðrétt hitastigsmælingarnar "eventuelt".^{XXXX})

Ef, en það er undantekning, þessir korrektionsliðir eru of stórir, er það ef til vill ekki ráðlegt að nota hina termometrisku aðferð.

e) Breytileg hitastig.

Þegar hitastig vatnsins í gefnum punkti hreyfilsins breytist með tímanum, þá missir líking (11), teoretískt, gildi sitt. Ennfremur koma fyrir önnur fyrirbrigði, sem villa mælingarnar. Þetta vandamál mun verða rannsakað í þriðja hluta þessarar greinar, sem fjallar um praktíska notkun aðferðarinnar.

^{XXXX}) Sérstaklega hefir verið tekið eftir því, að upplausnarniti 1 cm^3 ýmsra lofttegunda, sem rannsakaðar hafa verið, er samþæfilegur, en það gerir óþarft að analysera kemískt þá lofttegund, sem tekin hefir verið.

Y F I R L I T

Með hinum venjulegu skýringum getum vér skilgreint í gefnum punkti og fyrir hverja massaeiningu.

- Hydrolísk orka vatnsins

- Innri orka vatnsins

Vér gerum ráð fyrir, að engin orka tapist eða vinnist vegna ástandsbreytinga eða kemiskpa verkana.

Í vatnshreyfli, þar sem hitaviðskiptin út á við eru lítil, er heildarorkubreyting vatnsins

$$u + gH$$

milli innrennslis og útrennslis hreyfilsins, jöfn hinu mekaníska afli, sem ömullinn tekur á móti fyrir hverja rennsliseiningu.

$$(u + gH) = \frac{W}{Q}$$

þar af fæst líking nýtninnar

Hn er nettófallhæðin.

Termodynamikkinn gerir það kleift að reikna út hina innri orku vatnsins út frá hinum tölulegu gildum eðlis-hitans, útpenslustuðulsins og samanþrýstingsstuðulsins.

Út frá þessum reikningum má leiða formúlu nýtninnar (með skýringunum á mynd 4)

(fyrir hreint vatn).

Gildi og eru gefin á myndum 2 og 3.

3 sérstök tilfelli má greina í millum:

- a) Aðferðin um algjöra útpenslu $P_1 = 0$. Heildarorkan, sem hreyfillinn gefur frá sér, er mæld termometrískt.
- b) Aðferðin með útpenslu að nokkru leyti. Mat hinnar nothæfu orku er fólgin í því^{að} tvö hitastig eru útjöfnuð og þrýstingsmæling er gerð.

C eðlishiti vatnsins (kcal/g)

P í kg/cm²

$V^2/2g$ og z í m

í °C

() og () þversnið, þar sem heildarorka vatnsins, $u + gh$, er konstant eða breytist mjög lítið frá einum punkti til annars.

() og () að- og frárennsli hreyfilsins, þar sem vatnsorkan er nokkurn veginn konstant í þversniðunum.

c) Kerfi, sem hafa engin orkuviðskipti út á við. Nýtni þeirra er núll og hitastigsbreytingarnar eru gefnar með líkingunni

Hinar termometrisku mælingar má gera næstum óháðar óhreinindum vatnsins og froðumyndum þess. Brottför lofttegunda og upplausn þeirra geta gert innfærslu korréktionsliða nauðsynlega.

Að lokum, ef hraðar hitabreytingar verða, (sem funktion af tímanum) geta þær skekkt mælingarnar stórlega.

NÝTNISMÆLINGAR VATNSHREYFLA O.S.FRV.

Framhald.

INNGANGUR

Rifjum stuttlega upp höfuðefni hinnar termometrisku aðferðar.

Þau orkutöp, sem eiga sér stað í vatnshreyflum valda upphitun vatnsins. Þar af leiðir, að ef mælt er hitastig vatnsins við innrennsli og útrennsli hreyfilsins, gerir það oss fært að ákvarða þá orku, sem tapast í hverri einingu streymisins, þ.e.a.s. /Q.

Ef nettóhæð vatnsfallsins er þekkt, fært nýtning strax

$$= 1 - \frac{QH_n}{Q} = 1 - \frac{1}{Q} \frac{1}{H_n}$$

Þessi aðferð var framsett þegar 1914 af Hr. Poirson. Hún hefir verið rannsökuð sérstaklega af Barbillon og Caillard. Höfundar þessir sýndu frá á, að afl það, er tapast í hreyflinum í óslitinni vinnslu (Permanent sevice) er sem hér segir:

$$= JCQ (-)$$

Q: rennslið gegnum hreyfilinn.

C: hitagildi vatnsins (eðlishiti).

: hitastig vatnsins við útrennslið.

: hitastig vatnsins við innrennslið.

J: hið mekaniska gildi hitaeiningarinnar.

Líking þessi gerði það fært að setja fram ýmsar formúlur (udtryk) fyrir nýtingu, en hún gerði sérstaklega ráð fyrir, að hin termisku fyrirbrigði, sem standa í sambandi við þrýstingsbreytingar vatnsins, væru þýðingarlausar.

Flestar þær tilraunir, sem gerðar hafa verið á hinum termometrisku aðferð í Frakklandi, hefir Poirson sjálfur innt af hendi svo og Fontaine og Volle. Allir þrír notuðu kvika-silfurshitamæla, þar sem lesa mátti 1/100 úr gráðu. Þeir sýndu fram á hve fljótlegt og auðvelt var að nota þessa aðferð og þeir náðu í mörgum tilfellum góðum árangri.

Fontaine hefir sýnt mjög laglega hvernig nota má aðferðina til þess að finna þau tölur, sem eiga sér stað í vöfundarhúsi Francis-hreyflanna og Volle, sem rannsakaði hærri fossa, sýndi fram á mikilvægi hita þess, er fram kemur við undirþrýsting vatnsins, fyrirbrigði, sem var þekkt, en sem talið var án þýðingar og með röngu.

Í eftirfarandi grein færumst við á hendur að:

- 1) Endurtaka hina stærðfræðilegu greinargerð aðferðarinnar og setja fram formúlu nýtninnar við notkun hinna termodynamisku lögmála;
- 2) Sýna fram á hvernig byggja má upp og nota nýtt tilrannakerfi í samræmi við undanfarandi reikninga.

ANNAR HLUTI1. ALMENNT

Hinar teoretisku íhuganir hafa sýnt oss að nota má tilraunaskema það, sem sýnt er á mynd 4.

Pris de soutirage = inntak mæli-
rörsins

Perle de charge réglable = hleðslu-
töp sem "regulera" má

Détenduen = hvíllir?

Pression atmosphérique = loftþrýstingur.

C eðliphiti vatnsins (kaloria/gramm)

P í kg/cm²

$V^2/2g$ og 2 í metrum

í °C

() og () þversnið þar sem heildarorka vatnsins $U + gH$ er konstant eða breytist mjög lítið frá einum punkti til annars.

() og () inntak og úttak hreyfilsins þar sem vatnsorkan gH má teljast konstant í þversniðunum.

x : nýtni hreyfilsins.

xx
a og b finnast af nómógramminu.

Velja má hvaða aðferð sem er til þess að mæla nettófallhæð hreyfilsins, því næst, í þversniði í aðrennslisrörunum þar sem heildarorka vatnsins $U + gH$ er nokkurn veginn stöðug. leiðum vér vatn í mælirör án hitaviðskipta út á vö í "Calorimetriskan hvíli", en inntak hans myndar hleðslutap sem stilla má innan víðra takmarka. Því næst er vatn þetta leitt inn í hitaeinangraðan? geymi þar sem þrýstingur þess er mældur og hitastig þess er borið saman við hitastig vatnsins sem rennur í frárennslisskurðinum. Því næst er vatnið látið þenjast út til loftþrýstings og leitt brott.

Taka skal það strax fram, að erfitt er að fjarlægja hinu kalorimetriska hvíli frá inntakinu til mælirörsins svo nokkru nemi.

Einfaldur reikningur gerir oss fært að fá nokkra hugmynd hér um. Ef við höfum 10 m langt rör með 25 mm diameter, einangrað með 1 cm froðugúmmí sem leiðir 10^{-4} kal./°C/cm/cm²/sek. Ef rennslið í rörinu er 1 l/sek hitastig þess er 1°C undir eða yfir loftshitastiginu, myndi hitastig vatnsins breytast um 10^{-3} °C.

En 1 l/sek er allmikið rennsli í mæliröri og fjarlægðin frá inntaksrörinu til staðar í frárennslisskurðinum, sem hægt er að komast að getur verið allöng, hún er oft yfir 50 m. Vér höfum líka staðsett hinu kalorimetriska hvíli eins nálægt inntakinu til mælirörsins og hægt er.

Út yfir þau kvælitet sem venjulega er krafizt hvað snertir réttléika, viðkvæmni og nákvæmni, þá krefjumst vér af hinum termometrisku tækjum:

Möguleika fyrir því að bera saman hitastig á tveim punktum, sem eru langt hvor frá öðrum.

Möguleika á því að komast eins auðveldlega að frárennslisskurðinum og hægt er, án tillits til þess hreyfils- tegundar sem notuð er og án tillits til staðlegra aðstæðna.

Vér rannsökum í röð:

Hvernig praktískt má koma inntaki mælirörsins fyrir svo og hinu kalorimetriska hvíli.

Mælinguna í hitastigsmismuninum $Q_1 - Q_2$

Mælinguna í P, og á nettófallhæðinni.

2. MÆLING Á HITASTIGSMISMUNUM $Q_1 - Q_2$

A) Völ á mælitækjum

Til þess að mæla í iðnaðarmarkmiði lífinn hitastigsmismun er um að ræða fjórar tegundir mælitækja.

a) Hitaelement, sem eru mjög lokkandi vegna viðkvæmni þeirra, en það er erfitt að útiloka og jafnvel að verða var við sníkju- og elektrómoteriska krafta, sem myndast í línunum og í samböndunum milli hitaelementanna. Almennt má segja, að þessi aðferð sé frekar léleg til þess að mæla hitamismun

milli tveggja fjarlæggra punkta.

b) Kvikasilfurshitamælar strikaðir til $1/100^{\circ}\text{C}^{\text{x}}$ eru mjög einföld tæki. Réttilega notuð hafa þeir gert Hr. Poirson og samverkamönnum hans það fært að sýna fram á praktískt gildi hinner termometrisku aðferðar, en þetta hafa eftirfarandi galla að

vera brothættir,

krefjast þess að auðvelt sé að komast að frárennslinu, hafa viðkvæmni sem takmarkast við $5 \times 10^{-30}\text{C}$.

Nota má þá samt sem áður til þess að mæla nýtni hárra fossa og við fullkomna útpenslu ($P, = 0$).

c) Differens-hitamælar með gufuþrýstingi eru einnig mjög einfaldiroog geta verið mjög viðkvæmir eftir því hvaða vökvi og differensþrýstimælir er notaður. Sambandið milli kúta þeirra sem innihalda þann vökva, sem gufar upp og differens-þrýstingsmælisins er hægt að gera mjög langt ef séð er fyrir að engin þétting sé möguleg í því^{xx}. En í augnablikinu vantar oss upplýsingar um hina praktisku notkun þeirra.

d) Mótstöðuhitamælar. Þessa tegund höfum vér kosið af eftirfarandi ástæðum:

Möguleikanum á því að geta fjarlægt mælipunktinn án frekari erfiðleika.

Þeirrar reynslu sem fengizt hefur eftir margra ára skeið í nákvæmum hitamælingum.

Auðveldrar notkunar þeirra. Hin litla fyrirferð mótstaðanna og sambandsþráðanna koma að góðum notum, þegar komast þarf að frárennslinu.

B) Höfuðatriði fyrirkomulags mælinganna

Hið viðkvæma element sem kallað er "jauge thermometrique" (hinu thermometriska miðunlóð) er gert úr þremur platínugormi, en eiginleikar málmss þessa eru vel þekktir og skilgreindir. Annar málmur, nikkelið, hefur svolítið stærri hitastuðul. Þessi kostur einn hefur ekki virst nægur til þess það hafi verið notað í því

x)

Framleiddir hjá: Maison Jacquinet, Paris

xx)

Það er hægt að fá með málmþípum, sem upphitaðar eru með Joule "effektun".

tilfelli, sem hér er um að ræða. Loks eru hálfleiðarar þeir sem kallaðir eru "Thermistorar", sem hafa mjög háan hitastuðul, og væru þeir mikilsverður ef þeir væru stöðugir, en það eru þeir ekki alltaf.

Mótstöðubreytingar (lóstanna) elementanna eru mældar með Wheatstones brú, sem er sýnd í meginatriðum á mynd 5. Hver grein brúarinnar er byggð upp af:

- fastri mótstöðu, eða lóði,
- breytilegri mótstöðu,
- sambandsþræði (línu) með mótstöðunni .

Gildin á R og S eru mjög svipuð (mismunurinn er í mesta lagi nokkur %).

Þessi tækjauppstilling hefir verið sköpuð næstum einungis til þess að nota aðferðina við útpenslu að nokkru leyti (í mótsetningu við fullkomna útpenslu) þar sem hitamismunurinn sem mæla skal er núll eða mjög lítil. Vér höfum líka aðallega sótt eftir stöðugri og viðkvæmri uppstillingu, en nákvæmni hennar hefir minni þýðingu.

Mynd 5. Uppstilling termometrískrar brúar.

G: galvanometer

S_3, S_4 : mótstöðulóst úr platínu

r, r^2 : 100 mótstöður

P_m : Potentiometer til mælinga (heildarmótstaðan er +)

P_a : Potentiometer til hjálpar (heildarmótstaðan er +)

1, 2, 3, 4: mótstaða sambandsþræðanna

Résistances des branches du pont = mótstaða brúargreinanna

P = batteri 1,4

I = slökkvari

R_{ha} : mótstaða til þess að tempra rafstrauminn

m : milliamperemeter í fæðulínunni

I_p : straumstefnuskiptir við batteríð.

a) Stöðugleiki

) Mótstöður og elektrometeriskir kraftar við snertingu. Sleðar hinna tveggja potentimetra eru innbyggðir í diagonalínu þar sem hinir elektrometerisku snertikraftar eru veikastir og auðveldast er að útiloka þá.

b) Áhrif hitabreytinga á lóðin

Þegar hin tvö lóð eru við sama hitastig θ þá á brúin að vera í jafnvægi hvaða gildi sem θ hefir.

Setjum

$$S_3$$

$$S_4$$

Jafnvægislíkingin $R, S_4 = R_2 S_3$ er uppfyllt hver sem θ er ef stuðlarnir við θ og θ^2 eru 0.

Þar af fást skilyrðin:

Fyrsta skilyrðið er alltaf hægt að uppfylla, með því að stilla hjálparpotentimeterinn haganlega. Annað skilyrðið er aðeins háð lóðunum, en það hefir engin veruleg áhrif, þar eð gildin á b_3 og b_4 eru hlutfallslega mjög lág, ef d_0 er skekkja sem verður til vegna hitastigsbreytingarinnar í lóðunum fæst:

$$d$$

Setjum

$$= 10^\circ\text{C}$$

$$= 1^\circ\text{C}$$

$$\frac{b_4}{a_4} = 1,1 \frac{b_3}{a_3}$$

Þá finnum við $d = 2 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}$ sem sleppa má.

Jafnvægi brúarinnar má gera næstum óháð hitastigi lóðanna án þess að stilla nákvæmar kröfur til þeirra.

) Áhrifin frá hitastigsbreytingum línanna.
Þessar hitastigsbreytingar hafa í för með sér breytingar í mótstöðum línanna og skekkja sem þetta veldur, er nokkurn veginn fyrir $R = S$

Í þeirri uppstillingu sem valin er hér, hafa línurnar l_1 og l_3 að einu leyti og línurnar l_2 og l_4 að öðru leyti (hina) sömu mótstöðu og verða fyrir hinum sömu hitaáhrifum. Af því leiðir að d (teoretískt 0) er hægt að gera svo lítið, að sleppa má því.

)Áhrifin frá hitastigsbreytingum hinna föstu mótstaða. Til minnis skal þess getið að þeim má lýsa með

semútiloka má með því að velja mál með lágum hitastuðli og með því að halda hinum tveim mótstöðum við sama hitastig.

b) Viðkvæmni

Vér nefnum:

E: fæðuspennu brúarinnar

I: strauminn í einu lóði

i: Ójafnvægisstraum brúarinnar

v: Ójafnvægisspennu brúarinnar (fyrir $i = 0$)

: útslag mælitækisins

w: það afl (effekt) sem er í einu lóði.

Fyrir gefið ójafnvægi í brúnni skulum vér sækjast eftir sem stærstu útslagi, fyrir w minni en takmarkað gildi W_0 , til þess að hindra upphitanir sem valdið getur talsverðum skekkjum.

Vér greinum á milli tveggja tilfella, eftir því hvort vér mælum í eða v.

d) mæling ójafnvægisstraumsins i: galvanometer

Ef G er hin innri mótstaða galvanoterring

k: viðkvæmni þess ($k =$)

Útslag galvanometersins má setja fram sem hér segir:^x

^x) Í þessum reikningum höfum við sett jafnt en þessi gildi eru mjög lík. Í síðari útleiðslum setjum vér stundum $R = r$ og $S = 0$, sem hafa gildi sem ekki eru mismunandi nema um nokkur %.

$\frac{ds}{s}$ er komið undir eðli (tegund) lóðanna.

Gildi hinna föstu mótstaða

Ef gert er ráð fyrir að R sé breytileg, þá er maximum mjög nálægt

sem fært fyrir $R = r$ en þetta réttlætir þá að vér höfum sett hinar fjórar greinar jafnar.

Val á mótstöðu lóðanna og galvanometersins.

Fyrir gefinn galvanometer er maximum og jafnt fyrir $S = G$.

Ef vér gerum ráð fyrir að þetta skilyrði sé uppfyllt, verðum vér að velja galvanometer með þeim eiginleikum að sé minimum. Meðal galvanometra af tegund Schlumberger^x getum vér bent á

SP2D

$k = 10^{-9}$ ampir per milliradian (utslag 1/1000 úr radian?)

$G = 120$

SV4SD

$k = 8 \cdot 10^{-9}$ ampir per milliradian

$G = 20$

Ekki er ráðið til þess að nota lóð með 20 .

Þar eð best er að mótstaða línanna sé mjög lág miðað við mótstöðu lóðanna. Vér verðum því að nota lóð með 120 mótstöðu um það bil í sambandi við galvanometerinn SP2SD. Af praktiskum ástæðum höfum vér valið

Uppbygging lóðanna og fæðuspennu brúarinnar E er náttúrulega valin þannig að $W = W$. Til þess að auka W_0 þá þarf að auka sem mest hitaviðskipti lóðanna út á við, sérstaklega með því að auka yfirborð þeirra. Teoretískt er það nægilegt að lóðin tvö gefi frá sér á sama hátt þá raforku sem þau taka á móti, en af því

^x) Tegund sem vér höfum valið vegna styrkleika þeirra.

leiðir hve millivæg er hin efnislega uppbygging þeirra og sömuleiðis góð "konvektionin" er. Fyrir þar "Sondur" sem vér notum sem stendur höfum vér

þar af leiðir

Tölulegt gildi viðkvæmninnar.
Fyrir hitastigsmismuninn $10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$

Undir ofangreindum skilyrðum

= 2,2 milliradianar

þar eð lengd hins lýsandi geisla er oft 75 cm, þá sjáum vér að hitastigsmunur $1/1000 \text{ } ^\circ\text{C}$ flytur geislaendann um 1,6 mm.

Athugasemdir

- 1) Galvanometerinn SP25D (eiginperiode sveifla 2,5s) hefur krítiska ytri mótstöðu sem er óendanleg. Ef hann er settur í samband við 100 oma () brú er hann mjög dempaður. Af því leiðir af ekki er leitast eftir viðkvæmi sem er mikið hærrí en $10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$, þá er betra að nota SV4SD (eiginsveifla 1,6), sem hefir krítiska ytri mótstöðu 200 . Jafnvægisstaða galvanometersins næst þá miklu fljótar. Aðrir eiginleikar brúarinnar eru óbreyttir, hitastigsbreyting $1/1000 \text{ } ^\circ\text{C}$ hefir í fær með sér að endi ljósgeislans flytzt um 0,37 mm sem auðvelt er að lesa.
- 2) Til þess að auka svarhraða SP25D má nota lóð með 1000 mótstöðu, sem auk þess hefir í fær með sér að minnka hið hlutfallslega mikilvægi mótstöðu línanna.

B) Mæling á ójafnvægisþennu brúarinnar

(1 = 0)

Setjum A: stökkunarstuðullinn ()

Í þessu tilfalli er gefið með líkingunni

Eins og í ofanefndu tilfalli, þegar R breytist eins

þá er maximum þegar R-S og er
A og S þurfa að vera sem stærstar.

Við tökum það fram -

- að S verður að vera mjög lítil miðað við mótstöðu einangrunar línanna
- að eiginleikar mælitækisins og lóðanna eru ekki eins

Praktisk framkvæmd slíkrar uppstillingar er undir rannsókn sem stendur.

C) Mótvægi¹⁾ og nákvæmni

Gerum ráð fyrir hitastig lóðsins breytist um d .
Til þess að endurreisa jafnvægi brúarinnar, breytum
vér mótstöðum mælipotentíometersins um

Þar eð er af stærðargráðunni 10^{-4} getum vér
venjulega litið svo á, að þetta hlutfall (mótvægi
brúarinnar) sé óháð hitastiginu. Venjulega krefst
reikningur mótvægisins nákvæmrar þekkingar á vixsum
fjölda elementa. Oft er það einfaldara að mæla þekktan
hitastigsmismun^x.

C) "Konstruktive detaljer"

Gæði brúarinnar eru að mjög miklu leyti komin undir því
hve vandaðir hinir ymsu hlutar hennar eru.

a) Lóð með platínumótstöðum.

Í Frakklandi eru framleidd element, sem samanstanda
úr platínugermi sem Pyrex gler er steypst utan um, og
er málmurinn þannig mjög vel varinn. Samt sem áður hafa
nákvæmar tilraunir, sem eru í því faldað að litlar hita-
öldur eru látnar streyma gegnum lóðin, sýnt "tilveru"
hysteriufyrirbrigða, sem eru nægjanlega öflug til þess
að skemma hinar nákvæmu tilraunir sem vér viljum framkvæma.
Ennfremur hefur það komið í ljós að stuðullinn a í formúlunni

¹⁾Tarage = mótvægi (það sem vegur upp á móti umbúðunum
:, Fare-umbúðir

^x)Með því að nota t.d. hvíli (sbr. 1. hluta paragraf 7)

$$s = s_0 (1 + a + b)$$

var ekki sá sami fyrir lausa paltínu og platínu í Pyrexglerti. Þetta síðasta fyrirbrigði er útskýrt með "Strain-gage" effekt milli platínunnar og glersins. Þessi athugun lætur gera ráð fyrir að fyrirbrigðin¹⁾ sem í hlutfallslegu gildi eru milli 10^{-4} og 10^{-3} eftir þeim sýnishornum sem reynd hafa verið, séu að kenna, að nokkru leyti að minnsta kosti, útpennslu Pyrexglersins og hinum plastisku (verðandi) afmyndunum (deformationum) sem stafa af þrýstingi þeim sem á sér stað milli platínu og glers vegna mismunar útpennslu þeirra. Úrlausn á þessu væri að nota í staðinn fyrir Pyrexglertið, gler með þekktum mekaniskum eiginleikum, til dæmis gler, sem notað er til hitamæla, sem þar að auki hefir útpennslustuðul um það bil $8 \cdot 10^{-6}$, sem er miklu nær útpennslustuðli platíunnar ($1 \cdot 9 \cdot 10^{-6}$).

Samt sem áður virðist sem mjög vönduð glæðing, nákvæmt val og elding (það gerir það gamalt) minnki áhrif þessara fyrirbrigða, og hið sama fæst einnig með því að framkvæma tilraunirnar alltaf á sama hátt (þ.e. hita lóðin upp áður en mælingarnar eru gerðar, það sem hægt er að gera auðveldlega með því að láta streyma í gegnum þau rafstraum sterkari en himvenjulega straum). Við þessi skilyrði eru fyrirbrigðin, jafnvel allmarga stiga hitastigsbreytingar, ómælanleg, að minnsta kosti aðeins nokkrar $10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}$.

Annars er hægt að byggja lóð úr lausri platínu sem er undin upp í gorm líkt og í peru "1/2 watt", sem monterað er á sökkul úr "alumine fritté"¹⁾, efni sem hefir þann mikla kost að hafa hitaleiðni sem er um það bil þrjátíu sinnum stærri en hitaleiðni glers (í $\text{kal}/^\circ\text{C}/\text{cm}/\text{cm}^2/\text{s}$): gler $16 \cdot 10^{-4}$, alumine fritté : $450 \cdot 10^{-4}$).

Hin viðkvæmu element eftir að þau eru glædd, er sökkt niður kobarhulstur fyllt með steinölfu, með eins litlu milli-bili og mekanískt er hægt. Úttak þráðanna eru í pípu úr "Vínýlklóri" sem fest er á kobarhulstrið. Allt þetta er

1) aluminiumoxid, sem sintrað er (malað og hitað upp undir þrýstingi)

fullkomlega vatnspétt og er auðvelt að höndla, er ekki brothætt og er mjög fyrirferðarlítið (ytri diameter 8 mm og lengd hins viðkvæma hluta er 50 mm). Fá má ýmsa "variantu" af tæki þessu.

b) Línur

Forðast skal samsettar línur, þar eð ef eitt samskeyti hrekkur getur það skekkt mælingarnar mjög. Nota skal því línur, sem gerðar eru úr samfelldum þræði.

Hin "termiska compensation" með þriggja þræða monteringu er ekki fullkomlega rétt nema;

þræðirnir hafi nákvæmlega sömu mótstöðu, séu úr sama efni og hafi sama hitastig;

hinar föstu mótstöður lóðanna séu alltaf jafnar. Þessi tvö skilyrði eru nær aldrei uppfyllt, og er þar um að kenna mismuni á sverleika þræðanna, breyting mótstöðu lóðanna með hitastiginu, svólítið mismunandi hitaðöldum os.frv.

Þess vegna höfum vér takmarkað mótstöðu einnar línu við 0,25 til þess að gera þá skekkju sem fram getur komið vegna skakkrar kumpensationar minni en $1/1000^{\circ}\text{C}$.

Urlausn, sem gerir það fært að minnka þræðarþversniðin er fólgin í því að setja þá inn í vatnspétt hulstur, sem sett er innan í pípu, sem látið er renna vatn í gegnum, vatn sem tekið er úr aðrenslisrörunum (t.d. tvær koncentriskar pípur úr Vínýlklóri?). Undir þessum kringumstæðum getum vér verið næstum vissir um að línurnar séu praktískt við næstum sama hitastig og að mismunurinn sem fyrir kynni að koma færi ekki fram úr 1°C , og að öðru leyti er mjög auðvelt að mæla þennan mismun.

Einnig mætti nota línur úr málmblöndum með hitastuðli núll, enda þótt kostur þessarar lausnar sé ekki fullkomlega ljós (sérstaklega vegna termískra sníkjukafsta, termísk elektricitet, sem hugsanlegir eru). Áhrif ófullkominnar termískrar kumpensationar línanna koma í ljós við að brúin sýnir útslag frá núlli, það er því mikilvægt að rannsaka stöðugleika núllstillingarinnar fyrir og eftir hverja mælingaseríu.

c) Fastar mótstöður

Framleiðsla hinna föstu mótstaða krefst mikillar aðgætni. Mótstöðu (hita) þráðurinn sem þær eru gerðar úr skal vera úr sömu rúllu, til þess að þær hafi sömu hitaæiginleika, (lítil von er á því að ná hitastuðli núll og er annars óþarft). Þráð þennan skal vinda (vefja) án mekanískra spennu (eins mjúklega og hægt er) og hitaútpennsla undirstöðu hans má engin áhrif hafa á hann, til þess að komast megi hjá "Strain-gage" áhrifum svipuðum þeim, er lýst var fyrir löðin. Ennfremur er mótstöðunum komið fyrir á þann hátt að hitastig þeirra sé stíð eins og að möguleiki sé á því að flytja brott þær kalórfur sem fram koma í þeim. Í þessum tilgangi eru þær lokaðar inni í sama geymi með skilvegg úr aluminium eða kobar. Í stuttu máli sagt, skal sömu nákvæmni gætt við framleiðslu hinna föstu mótstaða, sem við framleiðslu löðanna.

d) Potentiometrarnir

Málpotentiometerinn^{x)} í "skrúfuformi" er byggður úr þræði af sömu þykkt alls staðar (mótstaða per cm. konstant hvar sem er á þræðinum). Þráður þessi er látinn fylgja breiðri skrúfu og er gerður úr ca. 10 vafningum. Sleðinn fylgir þræðinum með sama skrefi sem skrúfan. Þetta fyrirkomu- lag er mun betra en hinn toriski? potentiometer, sem hæst má snúa um 360° , og sömuleiðis betra en mótstöðukassi með tífundum (dekademodstandskasse). Gerum ráð fyrir að slíkan skrúfupotentiometer svari til svæðis sem svari til 5°C og að hver vafningur innihaldi 500 deilingar, þá þýðir hver deiling 10^{-3}°C og hverja deilingu má interpolera eftir auganu. Gallar potentiometersins (exentricitetsgallar, mismunur á þykkt þráðarins eða þá að þráðurinn sé ekki "homagen") hafa lítil sem engin áhrif á nákvæmni útkomunnar þegar mælt er með útpennslu að nokkru leyti (ófullkominni útpennslu). Undir öllum kringumstæðum er strikun potentiometersins möguleg (hver deiling hefir sömu mótstöðu eða deilingarnar hafa ef til vill mismunandi lengd). Hjálparpotentiometerinn er svipaður en inniheldur aðeins einn vafning.

^{x)} Framleitt af Telec í París

e) Tenginar

Að hornalínunni (diagonalnum, "Pile" = batteri þurrgeymir) undantekinni, eru allar tengingarnar rafsoðnar (svejsað), en það útilokar algjörlega slæm sambönd (kontakt) og hálfleiðarafyrirbrigði sem orsakast af kobaroxydi.

f) Galvanometer

Hann þarf að vera mjög sterkur (robust). Mælt skal sérstaklega með anti-svefler galvanometrunum Schlumberger. Taki þetta er lokað inni í öskju þar sem ljósgeislinn er látinn endurkastast nokkrum sinnum, sem gerir það fært, að lengd ljósgeislans verður 75 cm, án þess að fyrirferð öskjunnar sé veruleg^x).

) Meðferð brúarinnar

(a) Innstilling hins falska núllpunktar brúarinnar.

Tilgangur þessa, sem er mjög einfalt, en þýðingarmikið, er að útiloka áhrif hinna sníkjandi elektromotorisku krafta. Þegar lóðunum hefir verið komið fyrir og batteríð er ekki í sambandi, er skali galvanometersins fluttur þannig að ljósgeislinn sé á núllpunkti hans. Þetta jafnvægi getur breytzt og þarf að athuga það eftir hverja mælingu, en það er annars ekki augnabliksverk.

(b) Núllinnstillingin;

P.e.a.s. jafnvægisstilling brúarinnar, þegar lóðin hafa sama hitastig. Þegar lóðunum hefir verið sökkt niður í vatnsstrauminn og brúin er undir spennu (frá batteríinu) þá flytjum vér sleða potentiometersins þannig að ljósgeislinn sé á núlli á skala sínum. Ef spennunni er snúið við á innstillingin ekki að breytast, ef hún gerir það er það merki þess að hinn falski núllpunktur hafi flutzt. Til þess að hafa eftirlit með trúleika lóðanna er best að sannreyna núllpunktinn eftir nokkurra stunda mælingar.

^x) Stablindex frá Sefram fyrirtækinu í París.

(c) Innstilling hjálparpotentiometersins.

Finna þarf þá stöðu hjálparpotentiometersins sem gefur brúnni jafnvægi fyrir hvaða hitastig sem löðin hafa. Fyrir gefna stöðu Pa, er það nægilegt að taka eftir því útslagi sem brúin gefur fyrir þekkt hitabreytingu (10°C til dæmis). Flutningur Pa er í beinu hlutfalli við þetta útslag, þar eð hlutfallsstuðullinn er næstum konstant og er fundinn með tilraunum í eitt skipti fyrir öll.

(d) Mótvægi? Innstilling? (Tarage) mælipotentometersins.

Nægilegt er að mæla með brúnni nákvæmlega þekktan hitastigsmismun (t.d. þann sem kemur fram við útpennslu).

(e) "Tarage" galvanometersins.

Þetta er öllu heldur myndun samræmis milli strikana potentiometersins og galvanometersins; innstilling fæðustraums brúarinnar gerir það fært að nota einfalt hlutfall sem nota má sem einingu. Í praksis er skali galvanometersins valinn á þann hátt að þessu hlutfalli sé náð við fæðustraum mjög nálægt hámarki (þ.e.a.s. þess straums sem svarar til hámarks aflsins V_0).

(f) Mæling hitastigsmismunar.

Potentiometerinn er stilltur inn á eitt strik nákvæmlega, viðbótin er lesin beint sem lengd. Í praksis eru potentiometerinn og galvanometerinn ekki strikaðir í gráðum, heldur vatnsmetrum ($1\text{ m}=1/427^{\circ}\text{C}$) en þetta gerir hinar síðari útskýringar auðveldari.

(g) Nákvæmni og trúleiki brúarinnar.

Vönduð brú, sem byggð er í samræmi við undanfarandi lýsingu, sýnir við prófun útslög, sem undir tilviljun eru komin, venjulega innan við $0,001^{\circ}\text{C}$ (eða 50 vatns cm) meðan á mælingum stendur yfir einn eftirmiðdag. Kerfisbundnar rannsóknir hafa sýnt á mælinákvæmni brúarinnar breytist eigi meir en um ca. $1/1000$ á einum eða fáeinum dögum. Að lokum skal þess getið að hinn minnsti hitastigsmismunur sem vert er að mæla er um það bil $5 \cdot 10^{-4}^{\circ}\text{C}$, sem svar til ca. 25 cm vatns, og í tilraunastofu lækkar gildi þetta til 10^{-4}°C .

3. VATNSTAKA OG KALORIMETRISKUR HVÍLIR

A) Vatnstaka

(a) Vatnstökuáhalld í orðsins merkingu?

Það er notað til þess að taka vatn í aðrennslisrörunum með allri orku þess.

Dynamískt áhald er auðvelt að nota til vatnstökkunnar og til rannsókna á í hluta af eða heilu þversniði í aðrennslisrörunum. Að öðru leyti gerir áhald þetta fært að mæla fljótlega

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{P}{W} + 2$$

í þeim punkti þar sem vatnið er tekið. Í praksis er áhaldið byggt úr sívalri pípu úr ryðfrú stáli, og með ytri diameter 17 mm, og endi hennar er lagaður sem flautuendi, og leikur pípan í eins konar stýri (stýrir = áhald sem stjórnar), sem er útbúinn með þrýstieinangrun (presse-etoupe). Teinar með skrúfugangi gera það kleyft að nota "sonduna" jafnvel við mjög háa þrýstingu. Að lokum er alltaf hægt að sjá í hvaða átt holar á pípuendanum snýr.

Þar sem sondan fer í gegnum stýrin (Guide) er einangrað lítilega með lagi úr plastisku efni. Sá hluti sondunnar sem er utan við aðrennslisrörin er vafið með bindi úr froðugúmmí, sem hægt er að laga til eftir beiðni.

Í vissum tilfellum er það ráðlegt að einangra sonduna að innan vegna þeirrar upphitunar, sem vatnið verður fyrir vegna hleðslutaps.

Að lokum, vatn það sem tekið er inn til viðbótar, óháð höfuðinntökunni, er ætlað til að fullkomna einangrun pípunnar frá hvílinum.

Fig. 6 Ecee de conditionement = (sennilega) vatn, sem gefur upplýsinga
 Prise de Saoutirage amont = vatnstökuáhalld ofan við
 (ofan við hreyfilinn)
 Manchon isolant = rör sem einangrar
 Conduite force = aðrennslisrörin til hreyfilsins
 Vers detendeur calorimétrique = til hins kalorimetriska hvíllis

Mynd 7 (skýringar)

Coupe AA = snið AA

Acier inoxydable = ryðfrítt stál

Section sortie = snið flutt út

Ceeivre rouge = rauður kobar

Prise de premission = þrýstitaka

Détendeur aval = neðri hvíllir

Évacuation = brottflutningur, útrennsli

Pied = fótur

Mansevre du détenteur aval = stýring neðri hvíllis

Passage du thermometre = hola fyrir hitamæli

Pied support 3 á 120° = 3 fætur með 120° billi

Manavre du 3 coies = þriggja leiða stýri? coie = vegur, braut

Vers àa presse = til pressunnar

Passage de la sonde = hola fyrir sonduna

Manometre = þrýstingsmælir

Purze = hreinsari

Petail du detendeur amont = "detalje af" efri útþenjara (hvíllir)

Arrivé d'eau = innrennsli vatns

Diverzent, matrére platigue = stefnubreytari úr plastisku efni

Coupeaudrox du détenteur cuval = snið þver á neðri hvílli

Vase Dewar = Dewar vasi (geymir)

Arrive d'eau, detail = smáatriði úr innrennsli vatnsins

Corps hante pression = háþrýstigeymir

Prise de pression Purge detail = þrýstinntak, hreinsari:

B) Vatnsflutningur

Vér höfum þegar séð að fjarlægðin milli vatnstökuáhaldsins (sondunnar) og hvílisins á að vera svo lítil sem hægt er. Í praxis er rörið ekki meira en 2 metrar. Rör þetta er háþrýstipípa úr gúmmí "Buna" 16/29 mm og þolir 450 kg, þ.e.a.s. er algjörlega öruggt við hina hæstu fossa. Einangrun rörsins er gerð úr froðugúmmí og utan um er sett pípa úr vinylklori og á milli þessara röra, sem eru koncentrisk, rennur "viðbótarvatnið", sem fullkomnar einangrunina.

C) Hleðslutöp í vatnstökuáhaldu og sambandsþípunni

Þessi hleðslutöp hafa raunverulega engin áhrif á nákvæmni mælinganna, þar eð þær vegast nákvæmlega upp af hleðslutöpum. Fyrir rennslitypuna (0,4 l/sek) mega þessi hleðslutöp þó ekki fara fram úr ca. 5% af Fallhæðinni, til þess að hægt sé að nota aðferðina um útpennslu að nokkru leyti. Rör sem eru hál að innanverðu eru miklu betri en hin beygjanlegu málmrör sem eru mjög óslétt að innanverðu.

B) Hinn kalorimetriski (einangraði) hvíllir

Skemað á mynd 7 á við tæki, sem notað er við vatnsföll milli 150 og 800 m. Vatnið fylgir eftirfarandi leið:

Aðrennslisrörið er fest við "efri hvílinn" sem notaður er til að stilla hleðslutöpin kontinuert.

Þvínæst er vatnið leitt inn í mæligeyminn, sem er stálgeymir, hefir þumal til þess að mæla hitastigið^{x)}, statiska þrýstistöku (þar sem mælammá hinn statiska þrýsting) og hreinsunarhana.

Eftir að hafa runnið í gegnum efri mæligeyminn er hægt að leiða vatnið gegnum þriggja brauta hana. (hana með 3 opum) í fyrsta lagi til "neðri hvílisins", sem hefir 6 stöður (æositioner), í öðru lagi með mjög litlum hleðslutöpum og með (með hjálp af) stefnubreyti, sem endurheimtar $\sqrt{2/g}$, til baka þar sem vatnið er útþanið (þrýstingslaust).

Þegar vatnið hefir runnið út úr þessum bala er það leitt inn í geymi í síðasta sinn (bac de conditionnement -

x) Vér notum einnig hvíli með 2 þumlum

bali eða geymir sem gefa sérstök skilyrði?), en í gegnum þennan geymi veru leiddar hinar ýmsu stýrilínur, sem þar verða af með allar þær kalóríur sem þær hafa tekið á móti utanfrá, því næst er vatnið leitt brott fyrir fullt og allt.

(Commande, hér þýtt með stýrilína, þýðir skipun og er notað um tæki til að stjórna hinum ýmsu hlutum í vélum, t.d. slökkvafi til þess að starta mótur eða stöðva.

Útfærslur

Höfuðerfiðleikarnir eru fólgnir í hitaeinangrunni sem verður að vera eins góð og mögulegt er. Ntokun Dewarvasanna, með froðugúmmí eða vinylklóri gefa ágætan árangur. Hitaviðskiptin við stýringu slusuporta (vanne-sluseport) vatnshana og röra eru eins lítil og hægt er með því að nota handföng úr plastiskum efnum og með því að láta allar stýrilínur, sem annars eru hafðar eins grannar og hægt er, fara í gegnum síðasta geyminn (gac de conditionnement).

Reynzt hefir mjög erfitt að komast hjá vissum hitaviðskiptum. Það eru þau hitaviðskipti, sem hafa áhrif á lóðin og hitaleiðslan fer fram í veggjum röranna og í efri geyminum, sem eru úr stáli og einnig í þumalnum. Þýðingu þessarar hitaleiðslu hefir tekizt að útrýma að mestu leyti með því að lengja hinn óaktiva hluta þumalsins og gera hann úr ryðfríu stáli 18/8 sem hefir hitaleiðni sem er 5 sinnum minni en venjulegt stál og 30 sinnum minni en geymirinn úr rauðum kobar sem inniheldur platínúmtöðuna.

Þar að auki eru allar veggþykktir gerðar eins litlar og öryggið leyfir (efri geymirinn þolir 140 kg).

Loks hefir það reynzt heppilegt að gera stefnubreytinn (divergent) (dreifir er ef til vill betra) úr plastik til þess að forðast hitaviðskiptin milli efri hlutans, sem er kaldari þar eð hann er undirþrýstingi, og hins upphitaða vatns í neðri geyminum.

Almennt má segja að nákvæmar tilraunir hafi gert það fært, í meira mæli en útreikningar, að minnka hitaviðskiptin nægjanlega mikið til þess að hitabreytingar vatnsins séu ómerkilegar (þ.e.a.s. minni en 0,001 °C að minnsta kosti).

Auðvelt er að sannreyna þetta sem heild, nægilegt er að finna það minnsta rennsli þar sem þessi upphitun er mælanleg, þetta rennsli verður að vera miklu minna en hið valda rennsli 0,4 l/sek. Sannreyna má þetta einnig fyrir hina ýmsu hluta mælitækjanna með sömu aðferð. Það að öðlast hleðslutöp sem hægt er að breyta "kontinuert" og sem eru fullkomlega stöðug innan víðra takmerka, hefir reynzt nokkuð erfitt. Með því að nota cylinder með skrúfugangi sem settur er inn í rör með nákvæmum diameter má þó ná góðum árangri í því þrýstisvæði sem venjulegast er með því skilyrði, að vatnið innihaldi ekki korn.

Að lokum hafa hleðslutöpin milli geymisins og neðri balans verið næstum útilokuð með því að nota víðann skeppuhana (robinet = hani, kraní, boisscan = skappa) sem nota má við háan þrýsting, og með því að vanda sérstakleg form og ástand allra rennslisröra. Þessi hleðslutöp eru samt sem áður ca. 50 cm fyrir 0,25 l/sek rennsli.

Vér tökum það fram að lokum að við efri geyminn er það heppilegt að vefja vídd vatnsrennslisrörsins þannig að $v^2/2g$ se mjög lítið í hæð lóðgeymisins (lóð hylkisins). Talið hefir verið að vatnshraðinn þar megi ekki fara fram úr 1 m/sek. Hraðinn verður samt að vera nógur til þess að hitaleiðslan frá lóðhylkinu sé samilega góð.

Ýms notkun

a) Mæling nýtninnar

Neðri hvílinn er stilltur inn á rennsli nálægt 0,4 l/sek. Þessari innstillingu má ekki breyta meðan á mælingum stendur. Komið er fyrir kvikasilfurshita-mæli í balanum með hinu útþanda vatni.

Með því að stilla efri hvílinn fæst sama hitastig í mælihylkinum (mæligeymunum) fyrir ofan hreyfilinn og í frárennslisskurðinum og síðan er þrýstingurinn í neðri geyminum mældur.

b) Mæling nettófallhæðar

Meðan þríopahaninn er lokaður skal mæla heildarþrýstinginn við inntakið í efri geyminum. Þrýstingur (nema ef hraðarnir í sama þversniði) breytist mjög.

c) Núllstilling lóðanna fundin

Brúin er sett í jafnvægi.

- í fyrsta lagi með lóðin tvö hvort við hliðina á öðru í neðri balanum, með neðri hvílinn í funktion.
- í öðru lagi með eitt lóðið í efri geyminum og hitt í neðri balanum. Þríopahaninn myndar þá beint samband milli þessara tveggja geyma og útpenslan er framkvæmd þar sem vatnið streymir út úr inntakssondunni. Taka skal tillit til hleðslutapanna í hananum, sem mæld eru með vatnsþrýstimæli.

a) "Korrektion"(stríkun) lóðanna

Mæld er upphitun vatnsins er það rennur í gegnum neðri hvílinn. Af þessu er leitt sambandi milli útslag mælibrúarinnar og útpensluþrýstingsins. Þannig næst stríkun lóðanna beint í vatnsmetrum.

Viðbótaruppstilling-innihald uppleystra lofttegunda:

Uppstilling (Tæki) til þess að sjúga loftggundir úr vatninu er sett í samband við aðrennslisrörið (til mælitækjanna). Tæki þetta er sívalur geymir sem inniheldur 1 líter, geymir þessi er úr stáli og hefir loku í hverjum enda. Með aðferð, sem ekki er frekar farið inná hér, er hægt að fylla geyminn með vatni sem tekið er úr aðrennslisrörinu (til hreyfilsins) án þess að það missi þrýsting sinn. Þegar það þenst út, mynda lofttegundirnar, sem það kann að innihalda litlar bólar sem haldast niðri í vatninu. Rúmmálsbreytingin sem þessu fylgir er mæld í gegnsæu röri. Þessa "analysu" má "kamplettera" með að taka brott lofttegundirnar úr vatni frá aðrennslirörum hreyfilsins og frá burtrennslisskurðinum með því að setja þetta vatn í lofttóms rúm. Sama tæki má nota til þessa. Flaskan er aðeins útbúin með kvikasílfursþrýstimæli (sem byggður er einfaldlega úr flexitub) sem myndar og regulerar undirþrýstinginn.

Það að mæla aðeins breytingarnar í rúmmálinu er almennt ófullnægjandi, en líta má svo á sem korrektionsliðirnir séu óháðir eðli lofttegundanna meðan rúmmál þeirra er lítið (10 cm^3 við 0° og $760 \text{ mm kvikasilfur}$ fyrir 1 líter vatns t.d.).

Texti undir mynd 9.:

Tilraunir við úttöku lofttegunda við undirþrýsting Úttekið er 1 cm^3 af lofttegundinni ($\text{O}_2\text{N}_2\text{CH}_4\text{H}_2\text{S}$) = $0,15$ til $0,20$ lítil kaloria.
Kúrfa yfir metunargufuþrýsting vatns.

C) Mæling á þrýstingnum og á nettófallhæðinni

Engir sérstakir erfiðleikar eru á því að mæla þrýsting. Þrýstimælur úr málmni eða pressur með skala ger það fært að mæla stöðggan þrýsting upp á $0,2\%$ og jafnvel $0,1\%$. Vér notum pressu með skala, sem er algjörlega sjálfvirk og sem lesa má beint á.

Venjulega er hægt að reikna út nettófallhæðina út frá mælingu á heildarþrýstingnum, þar sem vatnið er tekið út úr aðrennslisrörinu til hreyfilsins. Aðeins þarf að samræma áður en mæling er gerð að í þessu þversniði séu engin óreglulegheit að ráði hvað snertir hraðann og að hin kinetiska orka vatnsins sé lítil miðað við þrýsting þess.

Ef þessi skilyrði eru ekki uppfyllt undir séstökum, skal mæla hinn statiska þrýsting P_e við inntakið til hreyfilsins með hinum venjulegu normum og síðan er reiknað út $V^2/2g$ út frá rafmagnsaflinu og hinn "garanteruðu" nýtni generatorsins (formúla 6 bis 1. hluti).

Venjulega eru mælur aflsstöðvarinnar nægilega nákvæmir til þess að mæla aflíð.

ÞRÍÐJI HLUTI

Notkunhinnar termometrisku aðferðar.

Árangrar sem náðst hafa.

1. Almennt.

Að síðustu skulum vér rannsaka hvernig nota skal hina termometrisku aðferð í praksis.

Gefa skal nánar gætur að þremur aðalatriðum:

- Val þversniða þar sem taka skal vatn fyrir ofan og neðan hreyfilinn.
- Meðan á mælingunum stendur skal þess gætt að mælinga-grundvöllurinn sé stöðugur, en þetta er eitt af hinum mikilvægustu skilyrðum fyrir gildi mælinganna.
- Að lokum, framkvæmd mælinganna sjálfra, en þetta atriði hefir verið höndlað í öðrum hluta, þar sem vér höfum bent á hin sérstöku atriði viðvíkjandi notkun hvers mælitækis.^{x)}

2. Val á úttaksþversniðum

Líkingin fyrir nýtninni var leidd út með því að gera ráð fyrir að heildarorkan (vatnsorkan og hin innri orka) væri jafnlega dreifð yfir bæði þversniðin (að ofan og að neðan). Í þessu eina tilfelli er hægt að taka vatn í einum einasta punkti.

a) Ofan hreyfilsins.

Best er að velja þversnið langt frá öllum verlegum óreglulegheitum, og þar sem hin kinetiska orka vatnsins er lítil. Í þessu tilfelli er það kunnugt, að ef vatn er tekið í fjarlægð frá rörveggnum sem svarar til $1/7$ af diameter rörsins, þá fæst vatn, sem inniheldur orku sem er mjög nálægt meðalvatnsorku þversniðsins. Þar að auki ef ekki eru veruleg hleðslutöp milli þessa þversniðs og inntaks hreyfilsins, þá er hægt að ákvarða á fullnægjandi hátt nettófallhæðina ^{xx)} með því að mæla heildarþrýstinginn í þeim punkti sem vatnið er tekið.

^{x)} Mismunur þess að (nýleg) notkun tveggja para af lóðum hefir í för með sér öruggan og stöðugan "kontrol" á aðaleiginleika lóðanna, trúleikanum.

^{xx)} Nægilegt er að hin hugsanlega skekkja á $v^2/2g$ sé lítil miðað við hinn statiska þrýsting.

Loks höfum vér, við stöðugt álag, ekki ennþá sýnt fram á óreglu hitastigsins í slíkum þversniðum. En svo hefir viljað til að vér höfum stíð verið neðan við jarögöng eða rörleiðslur sem hafa verið nógu langar til þess að vatnið hefur verið vel blandað.

Ef aftur á móti ekki er hægt að forðast verulega óreglu, þá þarf að fullvissa sig um dreifingu orkunnar með því að taka vatn á mörgum stöðum í þversniðinu. Ljóst er að vatnsorkan er breytileg en reynslan virðist sýna að heildarorkan sé konstant, en það gerir það kleyft að taka vatn í einum punkti (dæmi Ronge). Aftur á móti er ekki hægt að mæla nettófallhæðina út frá heildarþrýstingnum í þeim punkti þar sem vatn er tekið.

Ef svo ósennilega vill til að heildarorkan sé breytileg í þversniðinu, þá skal taka vatn á fleiri stöðum í þversniðinu og ef nýtnirnar sem þannig eru fundnar "variera" ekki meira en um 1% þá má taka meðaltal útkomnanna.

Tökum það loks fram að

- næsta nágrenni þess þversniðs, sem rannsakað er verður að vera auðveldlega tilgengilegt svo að hægt sé að koma fyrir og höndla tækin;
- með því að nota loku með "passage direct" - "lige gennemgang" er hægt að koma vatnstökusondunni fyrir í innrenslisrörinu til hreyfilsins án þess að tæna það.

Vér höfum ennþá enga reynslu fyrir aflstöðvar sem eru staðsettar rétt neðan stíflunnar þar sem innrenslisrörin geta verið stutt.

b) Neðan við hreyfilinn

- Ef farið er langt frá hreyflinum, er hætt við hita-viðskiptum vatnsins út á við, sérstaklega í opnum skurði.
- Forðast skal að vera mjög nálægt hjólinu, þar sem heildarorka vatnsins er mjög óregluleg. Velja skal neðra þversniðið helzt.
- Við útrás "sondunnar" við Francis-hreyfla (t.d. Bancairen, Randers)
- Ca. 10 m. neðan við "holu" Pelton hreyflanna (Luz, la Siagne)

Neðra lóðið skal venjulega "placera" beint í frárennsluskurðinn.

- Eftir "lokal" aðstæðum er hægt að nota
- skörðin í "einangrunarstíflunni"?
 - rörin sem leiða vatnið burt.
 - staði, sem sérstaklega hafa verið til þess lagaðir
 - þar sem frárennsluskurðurinn kemur undir bert loft
 - að lokum úttöku vatns með því skilyrði að
- dælan sé sett neðan við mæligeyminn.

Þegar staður sá, er auðveldast er að komast að er langt frá rörunum þá er rafsoðið á lóðið (sem er fullkomlega vatnspétt og 5 m langt) framlengingarkapall með stóru þversniði. Í Ahrzerouttis höfum vér notað 50 m kapal með 25 mm² þversniði og heppnaðist það vel.

Loks þarf, ef mögulegt er að sjá fyrir möguleika til þess að geta flutt mælipunktinn. Þessar athuganir, sem geta verið mjög fljótlegar, sýna venjulega mismuninn á hitastigunum, sem eru minni en 1/1000 °C. Samt sem áður ef mælingarnar sýna kerfisbundinn mismun á nýtninni, sem eru stærri en 1% þarf að finna betri mælþversnið (og frekar lengra neðan við).

Athugasemd - Í sérstökum tilfellum þá reynum vér aftur á móti að finna óreglulegheitin og "hitagradientsana" til þess að "lokalisera" töpin og finna þá hluta vélarinnar sem þyrfti að fullkomna (mælingar í "völundarhúsinu" og Francishreyfla, og í (backes) Pelton hreyfla t.d.

3. Stöðugleiki mælingagrundvallarins

= heildarástand, hitastig, þrýstingur, hraði o.s.frv.

Líking nýtninnar gerir ráð fyrir að heildarástandið sé stöðugt, en þetta er aðeins teoretískt. Vér tókum það fram, að í iðnaðarvirkjum eru þrýstingar og hraðar ekki stöðugir nema sem meðaltal. En auðveldlega má sjá að "amplituda" breytinga þeirra fer ekki fram úr 1% eða 2% af meðaltalinu, þá má sjá burt frá áhrifum þeirra.

Því næst tölum vér um termískt jafnvægi, þar sem vér greinum á milli

- a) jafnvægisástand málmhluta hreyfilsins
- b) jafnvægisástand vatnsins

a) Reynslan virðist sýna að meðan á mælingu stendur, þá hafi hitabreytingar málmstykkjanna^{x)} ekki verulega þýðingu, sem sagt, þá, er þungi þessara stykkja frekar lítil miðað við vatni, sem streymir í gegnum hreyfilinn og hitagildi stálsins er aðeins 1/10 af hitagildi vatnsins. Ennfremur er sú "amplituta" hitabreytinganna sem mæld hefir verið venjulega lítil. Í Ahrzerouftis sérstaklega, þá höfum vér getað sýnt fram á það mörgum sinnum að mælingar með yfirfalli og mælingar með hinn termometrisku aðferð sýna gott samræmi.

b) Aftur á móti geta allmiklar skekkjur átt sér stað ef hitastig vatnsins breytist. Þessar skekkjur er hægt að útskýra með:

1) Því að vatnið noti ekki sama tíma til þess að streyma í gegnum hreyfilinn og efri mælingatækin.

Til þess að fá nokkra hugmynd hér um, þá gerum vér ráð fyrir að þessi mismunur sé 6 sek. þá veldur hitagradient, sem er $2 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}/\text{mín}$ skekkju, sem er $2 \times 10^{-30} \text{ }^\circ\text{C}$ og sem því er allveruleg.

Þegar sérstaklega er um Pelton hreyfil að ræða þá geta miklar truflanir orsakast af holu með miklu rúmmáli.

Taka skal það fram að hægt er að innfæra korrektionslið, sem er háður hinum staðarlegu kringumstæðum og breytingu hitastigsins með tímanum. Slíkir reikningar hafa verið framkvæmdir með góðum árangri við mælingar í La Regat, útfærsla þeirra er flókin.

2) Vegna mismunarins í tímastuðlum^{xx)} efra og neðra hitalóðsins. Einnig hér má innfæra korrektionsliði

^{x)} Nema eftir vill í nokkrar mínútur eftir að vélin hefir verið sett á stað, en þá eru venjulega engar mælingar framkvæmdar.

^{xx)} hitastig Venjulega vex hitastigið með tímanum eftir líkingunni

$$t = t_0 e^{\frac{t}{k}}$$

to tími T K = tímastuðull

3) Vegna staðarlegra mismuna í hitastiginu, sem geta náð nokkrum $1/100^{\circ}\text{C}$.

Þessar óreglur hafa í för með sér sveiflur á hinum melda hitamismun sem venjulegar eru hraðar og nokkrar $1/1000^{\circ}\text{C}$.

En komið getur það fyrir að þessar sveiflur séu mjög hægar. Við segjum frá tilfelli, sem kom fyrir í Triouzoune²⁾, þar sem falskt jafnvægi sem hélzt í nokkrar mínútur en á þar á milli mældust hægar sveiflur upp á allmarga $1/100^{\circ}\text{C}$. Þetta fyrirbrigði má útskýra (bæði við aðrennsli og frárennsli) með tilveru vatnslaga, sem hafa mismunandi hitastig og sem smátt og smátt breyta stöðu sín á milli.

Hugsa má sér að gera margar mælingar (í hálfan klukkutíma, heilan klukkutíma) til þess að fá rétt meðaltal. Þetta er ekki alltaf nægilegt til þess að forðast systematiska) til þess að fá rétt meðaltal þar eð hitastigin breytast bæði með staðnum jafnvel þótt skipt sé um vatnsþólarpunkt, er ekki fullkomlega öruggt. Aðeins ef mælt er á sama tíma hitastig og hraði í öllum punktum hvers þversniðs og síðan fæst nokkurn veginn örugg útkoma, en þetta er næstum óframkvæmanlegt. Í Glandon^{xx)} höfum vér framkvæmt 24 mælingar á þrem tímum á ýmsum punktum aðrennslisröranna og frárennslisskurðarins. Þau gildi, sem vér fengum sýndu mismun um + 1% og meðaltalið ekki nær en 0,5% mælingum á nýtninni, sem gerðar voru með myllum.

Í Saint-Martin aflstöðinni aftur á móti þá voru útkomur tveggja mælingaseria:

Hin fyrsta um morguninn við hitastig ofan við stöðina um það bil $10,5^{\circ}\text{C}$ sem óx um $10^{-2}^{\circ}\text{C}/\text{mín}$.

Hin síðari um kvöldið við hitastig ofan aflstöðvarinnar um það bil 17°C , sem minnkaði um $1,5 \times 10^{-2}^{\circ}\text{C}/\text{mín}$.

Útkomurnar á mælingum þessum sýndu mismun um 0,9% eða $1,3 \cdot 10^{-2}^{\circ}\text{C}$.

Almennt má því fullyrða að óstöðugleiki hitastigsins

x) Francishreyfill

xx) Peltonhreyfill

sé nauðsynlegt skilyrði fyrir góðum mælingum á nýtninni. Mælt skal því mjög með eftirfarandi:

- að vaka yfir hitastigi hins útþanda vatns. Ef þetta hitastig brýtist of hratt (ca. $5 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}/\text{mín}$) eða ef hitasveiflurnar eru stærri en nokkrar $10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$, þá er ráðlegt að fresta mælingunum til betri tíma, og best er að nota besta hitastig vatnsins á daginn, eða lægsta hitastig þess á nóttunni, forðast sólskin á rörin, kalda eða heita daga o.s.fr.v. Af sömu ástæðum skal forðast að framkvæma mælingar strax eftir að vélarnar hafa verið settar á stað, sérstaklega ef aðrennslisrörin verða fyrir hitaáhrifum utanfrá.

- Ráðið skal einnig til að láta mælingar hvers punktar nýtninnar standa yfir í 10 til 15 mínútur, jafnvél þótt útslöggin hafi virzt stöðug hinar fyrstu mínútur athuganna.

4) Árangrar sem náðst hafa - notkunartakmörk.

a) Skekkjur af tilviljunum.

Við góð tilraunaskilyrði (og sérstaklega þegar hitastig vatnsins er stöðugt) þá kemur það í ljós, að dreifing hinna ýmsu útkoma fyrir sama álag á hreyflinum er venjulega um það bil $+1/1000 \text{ }^\circ\text{C}$.

Vér getum citerað til dæmis:

- Le Glandon, mesti mismunur frá meðaltalinu $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$ (þ.e. 0,2% í nýtninni).
- Ahrzerouftis, mesti mismunur frá meðaltalinu $10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$ (þ.e. 0,1% í nýtninni).

Meðan eru töruð (sett í jafnvægi) (þ.e. mæling á nýtninni núll) þá koma tilviljanaskekkjur einnig í ljós af stærðargráðunni $10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$, þ.e. 0,1%, ef mældur er hitastigsmismunur $1 \text{ }^\circ\text{C}$.

b) Samanburður við aðrar nýtnismælingaaðferðir (sérstaklega myllumælingar).

Þessi samanburður er gerður með því að framkvæma mælingar á sama tíma. Við góð mælingaskilyrði (bæði fyrir rennslismælingar og termometriskar mælingar) virðast hinir mestu mismunir ekki eiga að fara fram úr 1 til 1,5%, meðaltalskurfur þar er fengið hafa eru venjulega miklu nær hver annarri.

Samanburðurinn sem heild gefur ekki til kynna kerfisbundinn mismun milli aðferðanna.

Myndir 10 til 18 sýna útkomur samanburðarmælinganna.
 c) Notkunartakmörk.

Að undanteknum sérstökum tilfellum þá eru takmörkin fyrir því að hægt sé að nota aðferðina háð

- þeirri nákvæmni sem krafizt er
- jafnleika dreifingarorkunnar í vatninu fyrir ofan og neðan hreyfilinn. Þetta síðasta atriði (síðasti punktur) er ef til vill hinn mesti erfiðleiki fyrir notkun aðferðarinnar á hreyfla fyrir litla fallhæð.

Þau tæki, sem eru notuð sem stendur gera það fært að ná góðum árangri við föll sem eru hærrí en 100 m.

Vér höfum ennþá ekki nægilegt efni til þess að rannsaka fallhæðir innan við 100 m.

Ekki er hægt að sjá að nokkur takmörk séu fyrir hæð fossanna, nema hinn mekaniski styrkleiki tækjanna^{x)}.
 Tökum það fram að hér er ráðlegt að nota kvikasilfurhitamæla.

x)

Vér bendum á það, að fyrir hreyfla með mjög litlu rennsli þá geta hitaviðskiptin milli vatnsins og málmluta hreyfilsins verið svo mikil að taka verður tillit til þeirra.

ÁLYKTUN

Nota má nú þegar hina termometrisku aðferð "industrielt" á stórt fallhæðarsvæði (þ.e. margar mismunandi fallhæðir). Notkun þessarar aðferðar verður áreiðanlega til mikillar hjálpar.

- Til þess að staðsetja töpin í hreyflunum, til þess að kynnast betur hinum veiku punktum (gölluðu) og til þess að benda á hvernig auka má nýtnina.

Vér teljum skylt að benda á, að í Brommat gerði hún það fært að aðeins það að minnka bilið í vélundarhúsinu, minnkaði töpin um 400 kW, þ.e. framleiðslan jókst um 10.000 kWh á dag fyrir hverja "grúppu".

- Til þess að athuga breytingar nýtninnar með sliti hreyflanna. Taka má fram að aðferðin krefst fárra tækja og mannskaps og krefst engrar breytingar á gangi vélanna (ekki einu sinni að þær séu stöðvaðar). Þar að auki mun hún verða mjög dýrmæt við hinar hagfræðilegu rannsóknir í áætlunum, svo og við viðgerðir og endurbætur.

Aðaltilgangur hennar er því aukning nýtninnar, sem á að vera aðaláhugamál þeirra er aflstöðvar reka.

Skýringar við myndir bls. 604-607

Mynd 10; Rendement = nýtni

Puissance seir farbre de la turbine kw/s
= afl (álag) á öxul hreyflsins í kw/sek.

Aflstöðin í Glandon, maí 1953; nettófallhæð 225 m
kurfur fyrir nýtni (hreyflsins) sem funktion af
aflinu (á öxulinn) (Rone = hjól).

Mynd 13; Aflstöðin í Ahrzerouftis (Algier) nóvember 1953.

Fallhæð 361,1 m. grúppa nr. 1. Kurfur yfir
nýtni (hreyflsins) sem funktion af aflinu
(á öxulinn).

Mynd 14; Grúppa nr. 2. sami texti.

Mynd 15; Fallhæð 106, og m. grúppa nr. 3, annars sami texti.

Mynd 16; Aflstöðin í Fontan.

Mælingar í marz 1954. Nýtni (hreyflsins) sem
funktion af aflinu (á öxulinn) (Nettófallhæð 100 m).

- Mynd 17; Aflstöðin í Pont-Haut, September 1954.
Hámarksafl 7000 kW. Meðalnettófallhæðin 195 m.
- Mynd 18; Aflstöðin í Randers. Mælingar í júní 1954.
Samanburður á nýtninni. Grúppa nr. 1.
Nettófallhæð 147,5 m.
- Mynd 19; Debit er m^3/s = rennsli í m^3/sek .
difference de pression = þrýstingsmismunur.
Deani um notkun hinnar termometrisku aðferðar
með Venturi ? innstillingu. Aflstöðin í Soverzene
(á Ítalíu) október 1954.