

انتخاب نوع توربین در مراکز نیرو الکتریک

نوشته

دکتر غفار جهانگیری

استادیار دانشکده فنی

فرض کنیم نوع ماشین در یک تأسیسات نیرو الکتریک مشخص شده باشد در این صورت با در دست داشتن دبی Q و ارتفاع ریزش مفید h و انتخاب سرعت دورانی معین، سرعت مخصوص (ns) ماشین از رابطه زیر که در آن P قدرت نظیر Q و h میباشد بدست میآید:

$$ns = \frac{n}{h} \sqrt{\frac{P}{h}}$$

بطوریکه میدانیم برای مشخصات معینی از ماشین جنبه های اقتصادی بالا بودن سرعت دورانی آن (n) بطور خلاصه عبارتست از:

اولاً - جاگیری کم و پائین آمدن هزینه ساختمانی.

ثانیاً - تقلیل قیمت ماشین در اثر کم شدن مقدار مصالح بکار رفته. لذا همواره بالا بودن سرعت دورانی ماشین (حداکثر ممکنه) منظور نظر تمام سازندگان است ولیکن برای یک ارتفاع ریزش مفید و معین مقدار آن حدی دارد که بالاتر از آن امکان کار ماشین در شرایطیکه بطور صنعتی قابل قبول باشد موجود نیست. دلیل محدودیت فوق رامیتوان بطریق زیر صلاصه نمود.

I - در توربین های راکسیون (باعکس العمل):

در این نوع توربین ها بیشتر پدیده کاویتاسیون است که ازدیاد سرعت مخصوص ماشین را بر حسب ارتفاع ریزش محدود مینماید.

لوله مکش توربین های راکسیون که آب خروجی از ماشین را به پایاب هدایت می کند دارای دو وظیفه اصلی میباشد.

الف- از اختلاف ارتفاع بین پایاب و محور ماشین بازایی مینماید - ب- انرژی سینتیک خروجی از چرخ

ماشین را که ارتفاع نظیر آن در بعضی آزمایش‌های سریع حدود ۰.۴٪ ارتفاع ریزش میرسد تبدیل بانرژی پتانسیل میکند. شکل زیر را از یک توربین در نظر می‌گیریم:

اگر (hs) ارتفاع مکش لوله فوق و یا اختلاف ارتفاع بین محور چرخ و سطح پایاب باشد (محور ماشین ممکن است بالاتر از پایاب بوده یا زیر آن قرار داشته باشد) ارتفاع متناظر با فشار استاتیک مطلق در چرخ چنین خواهد بود:

$$h_a = h_{atm} - h_s$$

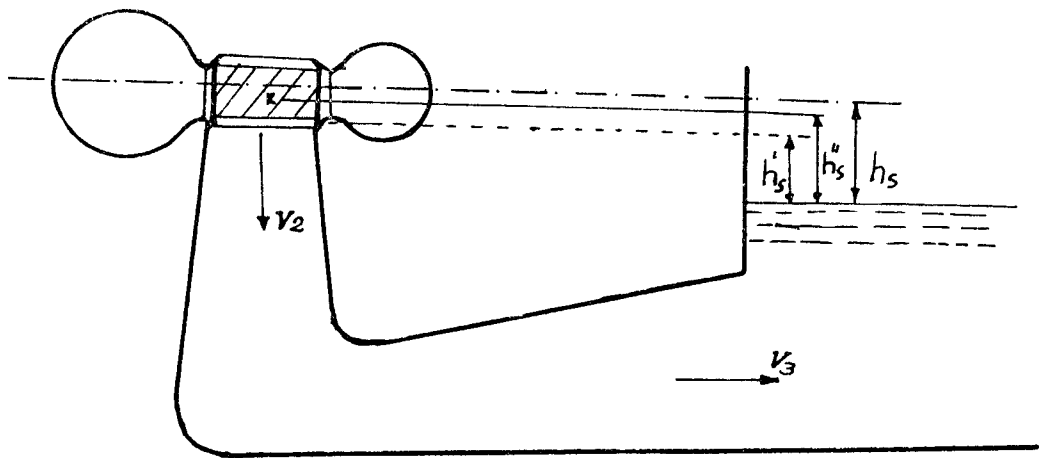
که در آن h_{atm} ارتفاع نظیر فشار اتمسفر بر حسب ستون مایع میباشد.

(۱)
$$\sigma = \frac{h_a}{h}$$
 بر حسب تعریف:

ضریب کاویتاسیون (Thoma) میباشد.

اگر $h's = h_s$ (در مورد ماشینهای با محور افقی $h's = h_s$)

است) و نیز $\frac{P_r}{\omega}$ و V_r بترتیب ارتفاع نظیر فشار مطلق و سرعت مطلق در خروج از چرخ (بفرض مشابه بودن سرعت V_r و نداشتن بردار دورانی) و نیز V_{r3} سرعت مطلق خروجی از لوله مکش و D افت انرژی



(شکل ۱)

این لوله باشد طبق تئوری برنولی در ورود و خروج لوله مذکور با انتخاب سطح پایاب بعنوان سطح مبنا می‌توان نوشت:

(۲)
$$\frac{P_r}{\omega} + \frac{V_r^2}{2g} + h's = h_{atm} + \frac{V_{r3}^2}{2g} + \xi D$$

که در آن از مقدار $\frac{V_{r3}^2}{2g}$ در لوله مکش بعلت کوچکی جمله صرف نظر می‌گردد.

با در نظر گرفتن راندمان تبدیل انرژی جنبشی بانرژی پتانسیل در لوله مکش (η_D) می‌توان نوشت:

$$(۳) \quad \xi_D = \frac{V_r^2}{2g} (1 - \eta_D)$$

از روابط ۱ و ۲ و ۳ میتوان نتیجه گرفت :

$$(۴) \quad \frac{P_r}{\omega} = \text{hatm}(hs - h's) - \eta_D \frac{V_r^2}{2g}$$

بین نقطه خروج از ماشین و نقطه مانند K از چرخ اختلاف فشار نظیر $\frac{P_r - P_K}{\omega}$ وجود دارد که ناشی از علل زیر میباشد :

۱ - وجود سرعت نسبی W_r در خروج از چرخ و ایجاد افت نظیر $\lambda \frac{W_r^2}{2g}$ (رابطه برنولی در

حرکت نسبی).

۲ - وجود اختلاف ارتفاع $(h''s)$ بین نقطه K و محل خروجی از چرخ (hs) و بنا بر این :

$$(۵) \quad \frac{P_r - P_K}{\omega} = \lambda \frac{W_r^2}{2g} + (h''s - h's)$$

از رابطه (۴) و (۵) نتیجه میشود :

$$\frac{P_K}{\omega H} = \frac{ha}{h} + \frac{hs - h''s}{h} - \eta_D \frac{V_r^2}{2g} - \lambda \frac{W_r^2}{2g}$$

با تقسیم طرفین رابطه به h و در نظر گرفتن ضرایب سرعت :

$$v_r = \frac{V_r}{\sqrt{2gh}} \quad \text{و} \quad w_r = \frac{W_r}{\sqrt{2gh}}$$

حاصل میشود :

$$\frac{P_K}{\omega h} = \frac{ha}{h} + \frac{hs - h''s}{h} - \eta_D v_r^2 - \lambda w_r^2$$

پس از صرف نظر از اختلاف جزئی بین hs و $h''s$ و در نظر گرفتن اینکه $\sigma = \frac{ha}{h}$ است حاصل میشود :

$$\frac{P_K}{\omega h} = \sigma - \eta_D v_r^2 - \lambda w_r^2$$

با در نظر گرفتن حد شروع کاویتاسیون که طبق رابطه :

$$\frac{P_K}{\omega} = tv$$

تعریف میشود مقدار ضریب کاویتاسیون بحرانی σ_c چنین است :

$$(۶) \quad \sigma_c = \frac{tv}{h} + \eta_D v_r^2 + \lambda w_r^2$$

که در آن tv فشار بخار مایع در محیط عمل میباشد.

در رابطه اخیر مقادیر v_p^2 و w_p^2 هر دو تابع سرعت مخصوص ماشین (ns) میباشد لذا رابطه فوق را بصورت زیر نمایش میدهیم:

$$(v) \quad \sigma_c - \frac{tv}{h} = f(ns)$$

که در آن $f(ns)$ یک تابع صعودی از سرعت مخصوص ماشین است.

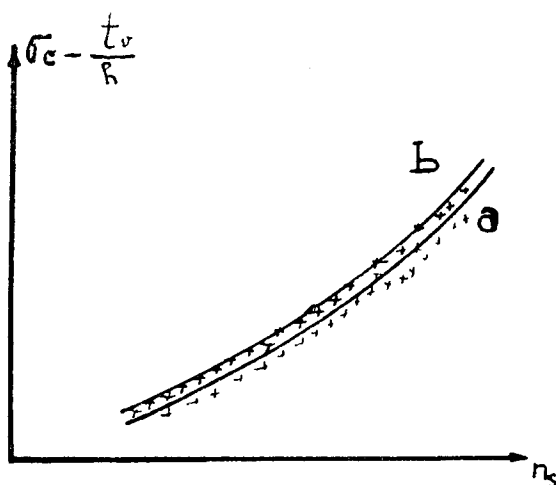
با ملاحظه اینکه در اغلب موارد میتوان از تغییرات جمله $\frac{tv}{h}$ وحتى خود جمله صرف نظر نمود، از رابطه (۶) نتیجه صنعتی زیر بدست میآید:

برای تمام ماشینهایی که بطور هندسی مشابه بوده وبا «شرایط تشابه سینماتیک جریان» کار میکنند مقدار σ_c نیز برای آنها مشابه و یکسان خواهد بود. (متشابه بودن ضریب سرعتهای w_p و v_p و ضریب افت λ و راندمان لوله مکش).

بنابراین با اجرای آزمایش روی مدل کوچک یک ماشین میتوان حد شروع کاویتاسیون را برای یک ماشین صنعتی بدست آورد. از نتایج حاصل از آزمایشهای متعدد روی ماشینهای صنعتی و مدل کوچک آنها میتوان از طریق آماری مقادیر جمله $\sigma_c - \frac{tv}{h}$ را برحسب سرعت مخصوص ns بدست آورد.

گرافیک ذیل (نقاط مختلف حاصله برحسب نوع تاسیسات) پراکندگی جزئی و غیر قابل توجهی را نشان میدهد که خود از عدم انطباق دقیق مقادیر ns و v_p و w_p و λ موجود در رابطه (۶) ناشی شده است.

این نقاط امکان میدهد منحنی متوسط (a) را که در واقع مشخصه رابطه (۶) میباشد رسم کرده و از آن حد شروع کاویتاسیون را در یک ماشین بدون اینکه اقدام با اجرای آزمایشهای مربوط نموده باشیم حدس بزنیم



واضح است برای رعایت احتیاط بهتر است نتیجه مربوطه بر مبنای منحنی (b) که پوش بالا دست نقاط تجربی میباشد استوار گردد.

منحنی های (a) و (b) که باین ترتیب بدست آمده بطور کاملاً رضایتبخشی با رابطه :

$$(۸) \quad \sigma_c - \frac{tv}{h} = K \left(\frac{ns}{100} \right)^{1.28}$$

مطابقت دارد. در این رابطه K مقدار ثابتی بوده تابع نوع فلز بکار رفته میباشد.

$$K = 0.03 \quad \text{برای چرخهای ساخته شده از فولاد معمولی}$$

$$K = 0.024 \quad \text{برای چرخهای ساخته شده از فولاد زنگ نزن}$$

از بحث فوق چنین نتیجه میشود که بازاء یک مقدار معین از h حدی برای ns وجود دارد که بالاتر از آن خطر کاویتاسیون برای ماشین درین خواهد بود.

بادر نظر گرفتن رابطه :

$$\sigma_c - \frac{tv}{h} = K \left(\frac{ns}{100} \right)^{1.28} = \frac{h_{atm} - h_s - tv}{h}$$

میتوان گفت که مقدار ns تابع پارامترهای زیر میباشد :

۱ - (h_{atm}) ارتفاع محل.

۲ - (h_s) اختلاف ارتفاع بین محور چرخ و حداقل ارتفاع پایاب.

۳ - (tv) فشار بخار آب و درجه حرارت محیط : $tv = 10 \left(\frac{\theta^{\circ}C}{100} \right)^4$

۴ - (K) نوع فلز بکار رفته. معمولاً اثر تغییرات چهار متغیر فوق الذکر بقدری ناچیز و محدود

است که مقدار جمله $h(ns)^{1.28}$ برای تمام ماشینهای همگروه در تأسیسات مختلف تقریباً ثابت می ماند بنابراین اگر توان ۱۰۸ را با عدد ۲ اشتباه نمائیم مقدار ns/\bar{h} نیز حدود ثابت و معلومی خواهد داشت. این موضوع با آمارگیری های دقیق مسلم شده است و لذا اگر برای تعداد زیادی از تأسیسات مختلف مقادیر مربوطه را در یک گرافیک با مختصات لگاریتمی در نظر بگیریم ملاحظه خواهیم کرد نقاط حاصل در اطراف خط ns/\bar{h} مجتمع میشوند. با توجه باختلاف جزئی پارامترهای ۱، ۲، ۳ و ۴ از یک تأسیسات بتأسیسات دیگر پراکنندگی نقاط در اطراف این خط نیز قابل پیش بینی است.

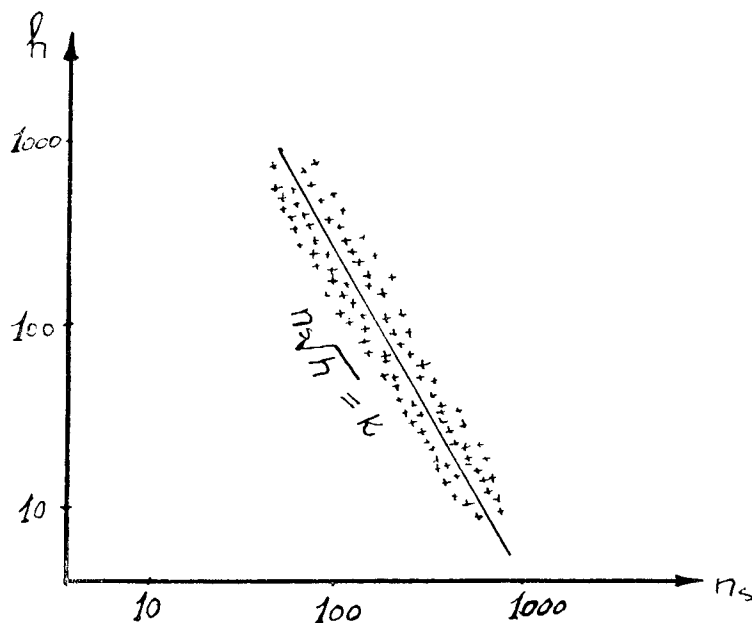
مقدار ثابت جمله ns/\bar{h} در مورد توربین های کاپلان $ns/\bar{h} = 2400$ بوده در مورد توربین های

فرانسسیس $ns/\bar{h} = 2000$ است بنابراین در دومورد فوق حدود عملی سرعت مخصوص مربوط بیک h معین را میتوان قبلاً پیش بینی نموده با دخالت دادن عوامل ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و استفاده از فرمول مربوطه ماشین را نسبت بحد شروع کاویتاسیون کنترل نمود و برای اینکار اجرای آزمایش روی مدل کوچک ماشین ضروری است.

حدود صنعتی سرعت مخصوص (ns) در توربین‌های باعکس‌العمل وبدون عکس‌العمل

الف - توربین فرانسسیس

در مورد توربین فرانسسیس ساختمان آن در صنعت برای مقادیر (ns) بالاتراز ۳۰ توصیه نمی‌شود زیرا در صورت بالا بودن ns کار توربین فقط در یک حد کاملاً محدودی از باز شدگی پرده‌های راهنما قابل قبول بوده و در خارج از این حد محدود کار ماشین بی‌اثبات بوده راندمان آن سریعاً پائین می‌آید. از رابطه $ns \times \sqrt{h} = 2000$ نتیجه می‌شود که حد پائین ارتفاع ریزش توربین فرانسسیس حدود ۳ متر بوده و در حالت استثنائی که برای قدرتهای کم امکان ساختمان توربین کاپلان موجود نباشد بمقدار پائین تر



هم میتوان رسید و در این صورت مقدار $ns\sqrt{h}$ نیز بطور استثنائی از ۲۰۰۰ پائین تر خواهد بود.

برای سرعت‌های مخصوص کمتر از $ns = 90$ نیز بکار بردن توربین فرانسسیس توصیه نمی‌گردد چون در این صورت مسیر آب بین پره‌های نزدیک بهم طولانی بوده باعث ایجاد افت انرژی بالنسبه زیادتر و پائین آمدن راندمان می‌گردد بعلاوه در ماشینهای با قدرت کمتر ساختمان آن مشکلتر است.

برای $ns = 90$ ارتفاع ریزش h حدود ۰.۰ متر بوده بطوریکه در مورد توربین پلتون خواهیم دید حد بالای آن در قلمرو کار برد توربین‌های اخیر قرار دارد. تحت این ارتفاع ریزش امکان نفوذ آب از درزها و لاریت توربین بادبی قابل توجهی توأم با تقلیل راندمان حجمی پیش می‌آید و برای جلوگیری از این عمل باید فاصله بین قطعات ثابت و گردان را کمتر و طول مسیر آب را در آنها زیادتر گرفته در انتخاب فلزات مقاوم (در مقابل سائیدگی) دقت بیشتر مبذول داشت. در حال حاضر چنین ماشینهایی برای قدرتهای خیلی زیاد ساخته میشود و در صورت لزوم برای ازدیاد سرعت مخصوص یک توربین فرانسسیس ممکن است دو چرخ بکار بردد.

b - توربین کاپلان :

سرعت مخصوص (ns) توربین کاپلان می‌تواند تا حدود ۱۲۰۰ برسد و در این صورت از رابطه :

$$ns\sqrt{h} = 2400$$

مقدار h حدود ۴ متر خواهد بود و در عمل مقادیر کمتر از ۵ و ۶ متر ارتفاع ریزش فقط در تأسیسات با قدرتهای بالنسبه کم ممکن است پیش بیاید، (در میکروسائرها مقدار h بحدود ۲ تا ۴ متر هم ممکن است برسد). در مورد ماشینهای بطئی این دسته مقدار سرعت مخصوص در حدود ۳۰۰ است که وجود ارتفاع ریزش حدود ۶۰ متر را ایجاب می نماید. این مشخصات هم استثنائی بوده در تأسیسات با قدرتهای خیلی زیاد پیش می آید و در اینصورت تعداد پره های چرخ متحرك نیز زیادتر خواهد بود (تا ۸ عدد). البته در اینحالت پرها که تحت فشار قابل توجهی قرار دارند ساختمان واستقرار آنها در مغزی چرخ نیز خالی از اشکال نمیباشد.

c - توربین پلتون :

اگر Q_1 حداکثر دبی آب در یک انژکتور توربین پلتون که تحت ارتفاع ریزش مفید h_1 قرار دارد باشد سرعت مطلق جهش آب از انژکتور (V_1) و قطر فواره آب (d) بوسیله دو پارامتر Q_1 و h_1 تعیین میگردد.

$$\begin{cases} V_1 = 0.98 \sqrt{2gh_1} \\ d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{Q_1}{0.98 \sqrt{2gh_1}}} \end{cases} \quad \text{و}$$

با داشتن مقدار (d) ابعاد پره های چرخ نیز که بر حسب مقدار (d) بیان میگردد تعیین خواهد شد. میدانیم قدرت و راندمان این ماشین موقعی رضایتبخش است که سرعت محیطی چرخ (U_1) تقریباً معادل یا کمی کمتر از نصف سرعت مطلق آب باشد.

$$U_1 \approx \frac{V_1}{2} \approx 0.49 \sqrt{2gh_1}$$

و یا :

$$n t / \min = \frac{60 U_1}{\pi D} = \frac{60}{\pi} \times \frac{0.49 \sqrt{2gh_1}}{D}$$

(D قطر چرخ پلتون) .

از طرفی داریم :

$$ns = \frac{n}{h_1} \sqrt{\frac{P_1}{V h_1}}$$

و نیز اگر η_t راندمان کلی توربین باشد میتوان نوشت :

$$P_1^{ch} = \eta_t \frac{Q_1 \text{ m}^3/\text{se} \times h_1 \text{ m} \times \text{kg}/\text{m}^3}{0.70}$$

از روابط فوق پس از اختصارهای لازم حاصل میشود .

$$ns = 268 \frac{d}{D} \sqrt{\eta t}$$

بافرض حدود عملی راندمان کلی ($\eta_t = 0.87$) حاصل میشود :

$$ns = 200 \frac{d}{D}$$

بنابراین برای ازدیاد ns با معلوم بودن d لازم است D را تقلیل داده اجباراً فاصله بین دوپره متوالی را نیز کم نمود زیرا اگر فاصله آنها از هم زیاد باشد حجمی از مایع بدون تماس باپره‌ها هدر رفته و با ایجاد افت نظیر آن از راندمان ماشین بمقدار قابل توجهی کاسته میگردد. برای جلوگیری از این عمل باید فاصله پره‌ها بازاء یک قطر معین از لوله جهش آب (d) بهمان اندازه که قطر چرخ (D) کوچکتر میگردد بهم نزدیکتر باشد ولیکن برای ارتفاع ریزشهای خیلی زیاد بععل کاملاً مکانیکی دراستقرار خیلی نزدیک بهم پره‌ها روی محیط چرخ محدودیتهائی بترتیب زیر وجود دارد .

اولاً - پره‌ها که باید نیروی سماسی قابل توجهی را بمحیط چرخ وارد نماید لازم است دارای مقطع برخورد بالنسبه بزرگی باشد و اگر ناصله بین پای پره‌ها کمتر گردد ساختمان واستقرار آنها بدون اشکال نخواهد بود. ثانیاً - پره‌ها باید در مقابل خمش مقاوم باشد و لذا در پشت پره‌ها گره‌های تقویتی (یا پشت بند) پیش بینی می نمایند که خود ضخامت پره را زیادتر می کند و در صورتیکه پره‌ها نسبت بهم فاصله کمتری داشته باشد احتمال برخورد آب به پشت پره که خود موجب تقلیل راندمان است وجود خواهد داشت. بنابراین همانطوریکه در مورد توربین های را کسیون گفته شد در اینجا نیز سرعت مخصوص توربین پلتون تابع عکس ارتفاع ریزش آن است .

بالاترین سرعت مخصوص قابل قبول برای چرخ پلتون بایک انژکتور حدود $ns = 30$ بوده با این

شرط $\frac{D}{d} = v$ خواهد بود و برای مقادیر بالاتر از ns فوق الذکر نمیتوان از اتلاف قسمتی از انرژی جهش آب جلوگیری کرد. از طرف دیگر پره‌های چرخ پلتون دوپدیده زیر را باید تحمل نماید.

الف - خستگی دائمی ناشی از نیروی گریز از مرکز و در صورتیکه اشکالی در وسائل تنظیم و اطمینان پیش آید در حالت بی باری ماشین ، چرخ آن عملاً سرعتی معادل دو برابر سرعت عادی را پیدا کرده ، عمل ناشی از نیروی گریز از مرکز چهار برابر گشته « $F = R\omega^2 m$ » و احتمال قطع پره‌ها در بین خواهد بود. این پدیده نیز مستقلاً متناسب با ارتفاع ریزش میباشد.

ب - خستگی تناوبی ناشی از عمل جهش آب روی پره که در مقابل ضربه آن قرار میگردد ، در اینجا نیز اگر ارتباط پره بچرخ که گاهی دارای درزهائی است هنگام کار بازدید و کنترل نشود امکان قطع پره وجود دارد. این پدیده تابع ارتفاع ریزش و متناسب با تعداد انژکتورها است.

فاکتور دیگری که در محدودیت ازدیاد (ns) توربین پلتون موثر میباشد عبارتست از سائیدگی و خورده شدن پره بوسیله پدیده « کاویتاسیون موضعی » که در سرعتهای نسبی زیادتر و برای ارتفاعات بالاتر از

m. ۸۰۰ متر ظاهر میشود .

بطور کلی در مورد توربین پلتون حد کاملاً مشخصی برای ns بر حسب h_1 وجود ندارد و لذا در صنعت از تجارب عملی برای تعیین رابطه بین آنها استفاده میشود .

مقادیر آماری نشان میدهد که در مورد توربین های با یک انژکتور (برای هرچرخ) نقاط حاصل در مختصات لگاریتمی اطراف خط مستقیم $nsh_1^{2/3} = 1800$ و برای توربین های دارای دو انژکتور (برای هرچرخ) اطراف خط راست $nsh_1^{2/3} = 1600$ متمرکز میگردند (برای مقادیر خارج از این دو حد باید از آلیاژهای مقاوم مثل فولاد با ۱۳٪ کرم استفاده کرد) . در سانترالهائیکه دوره بیکاری آنها در عرض سال زیاد میباشد میتوان برای $nsh_1^{2/3}$ مقادیر بالاتری نیز در نظر گرفت مثل سانترال های AVISE در ایتالیا که دارای توربین پلتون با یک انژکتور تحت ارتفاع ریزش ۱۰۰۰ متر بوده و برای آنها $nsh_1^{2/3} = 2100$ منظور شده است .

در مورد توربین هائیکه دارای بیش از دو انژکتور برای هرچرخ هستند در حال حاضر بعلت کافی نبودن تعداد سانترالها امکان بدست آوردن مقادیر آماری و تجربی رضایتبخش برای $nsh_1^{2/3} = K'$ موجود نیست و در طرح پروژه های مربوطه معمولاً مقدار $nsh_1^{2/3} = 1600$ را چند درصد کمتر منظور کرده سعی میشود سرعتی بدست آید که تعداد ضربه هائیکه هر پره باید تحمل نماید برای فولاد معمولی از ۲۰۰ در دقیقه و برای فولادهای کرم دار از ۳۰۰ در دقیقه تجاوز نکند .

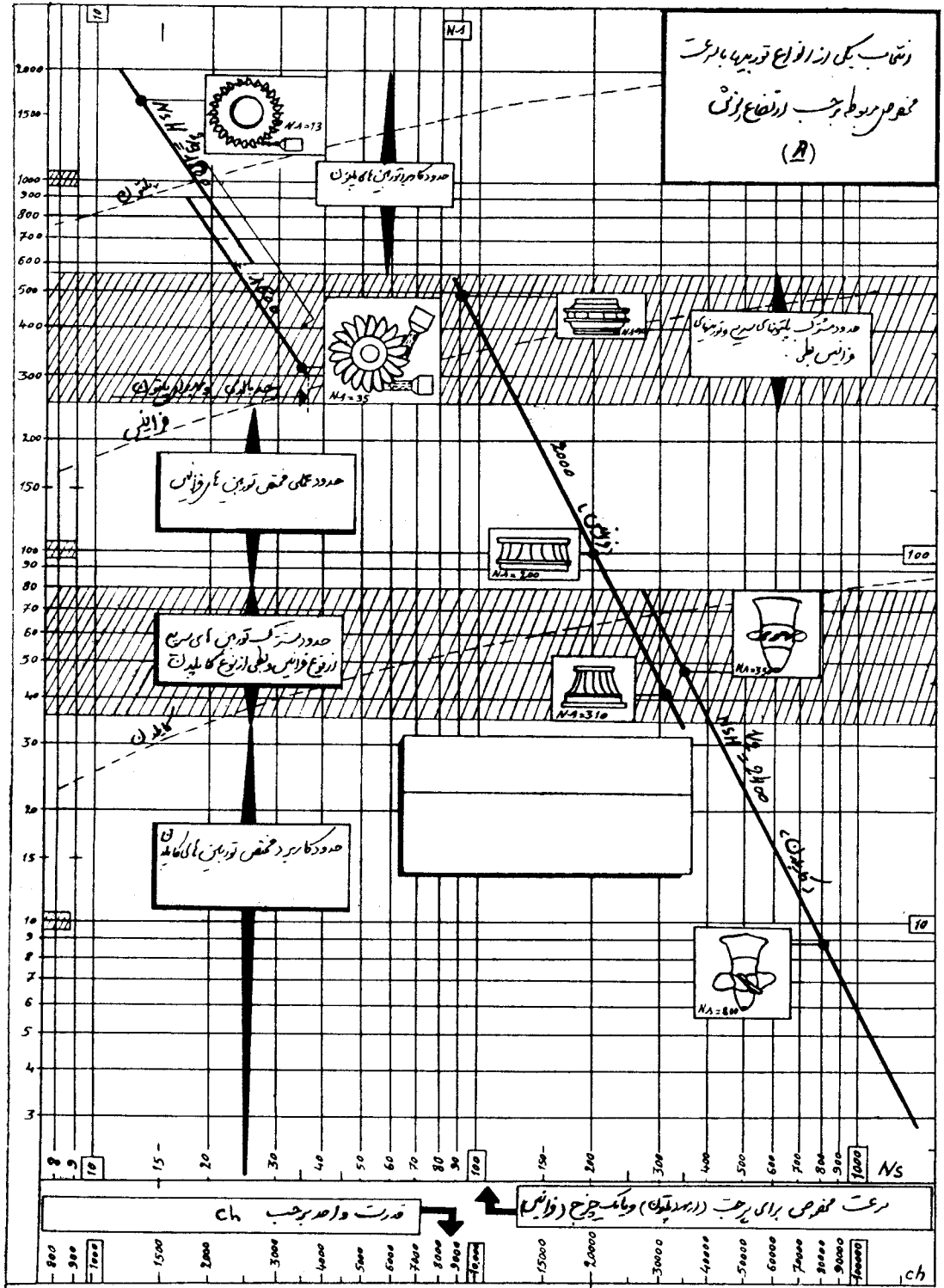
بطور خلاصه میتوان گفت حداکثر سرعت مخصوص قابل قبول برای چرخ دارای یک انژکتور حدود $ns = 30$ بوده و حد پائین ارتفاع ریزش برای این نوع چرخ ۳۰۰ متر میباشد .

بالاترین ارتفاع ریزش که تا حال برای توربین پلتون ساخته شده معادل ۱۷۷ متر است که در REISSECK (اطریش) موجود میباشد و طبق رابطه $nsh_1^{2/3} = 1800$ حداقل سرعت مخصوص نظیر حدود $ns = 12$ است و عملاً میتوان ns را از این مقدار هم پائین تر آورد ولی از نظر راندمان وقتی $\frac{D}{d} = 10$ و $ns = 20$ باشد مقدار آن رضایتبخش تر است .

واضح است برای ازدیاد سرعت مخصوص (ns) توربین های پلتون ممکن است تعداد چرخها را زیادتر و یا تعداد انژکتورها را برای یک چرخ بالا برد .

عوامل موثر در انتخاب توربین های «فرانسیس - پلتون» و «کاپلان - فرانسیس»:

حدود کاربرد انواع توربینهای صنعتی در شکل (A) نمایش داده شده است . بطوریکه ملاحظه میشود انتخاب ارتفاع ریزشها اختیاری نبوده حدود آن بر حسب نوع ماشین معین و مشخص است (غیر از موردیکه قدرت بالنسبه کمتری مورد نظر باشد) ولیکن در نواحی که روی شکل سایه زده شده میتوان بین توربین های فرانسیس و پلتون و یا فرانسیس و کاپلان یکی را انتخاب نمود مشروط باینکه مشخصات قدرت هر واحد را (که روی شکل با خط چین نشان داده شده است) منظور نمائیم . وقتی حداقل قدرت مورد نظر کافی باشد در انتخاب یکی



$N_s H^{2/3} = 1800$ بایک انژکتور }
 $N_s H^{2/3} = 1600$ بادوانژکتور } چرخ توربین پلوتون
 $N_s H^{1/2} = 2000$ توربین فرانسیس

از انواع آنها مانند تمام مسائل صنعتی موضوع انتخاب بهترین شرایط اقتصادی عامل اصلی است، بطوریکه مقایسه هزینه تأسیساتی، هزینه بهره برداری، وسعت و امکانات عمل، برتری یکی بردیگری را روشن میسازد.

I - انتخاب توربین های «فرانسسیس - پلتون»

الف- هزینه تأسیساتی - برای یک ارتفاع ریزش معلوم مقدار سرعت دورانی در توربین فرانسسیس خیلی بیشتر از مقدار نظیر آن در توربین پلتون است و حتی گاهی با ازدیاد تعداد چرخها و انژکتورهای توربین پلتون نیز نمیتوان این کمبود را جبران نمود. مثلاً برای $h_1 = 400$ متر در توربین پلتون با حداکثر ۶ انژکتور و $ns = 30$ (برای یک چرخ) خواهیم داشت:

$$n's = 30 \sqrt{6} = 735$$

در صورتیکه در مورد توربین فرانسسیس ns مربوطه حدود ۱۰۰ خواهد بود. بنابراین در شرایط فوق قیمت گروههای بخصوص الترناتور در مورد توربین فرانسسیس اقتصادی تر است ولیکن وجود دفلکتور (یکی از وسائل ایمنی) در توربین های پلتون موجب تقلیل قیمت لوله تحت فشار نیز میباشد (از نظر شرایط کار تنظیم دبی و عدم وجود ضربت قوچ).

بخصوص از این نظر تأسیسات اخیر بتأسیسات توربین فرانسسیس ترجیح دارد (در مورد توربین فرانسسیس نیز میتوان با پیش بینی وسائل اطمینان از مخاطرات پدیده ضربت قوچ جلوگیری کرد ولیکن قیمت استقرار وسائل مذکور بالنسبه گرانتر است).

بطور کلی با در نظر گرفتن هزینه اولیه و شرایط تأسیسات و شرایط تنظیم کار توربینها معمولاً مزیت با توربین فرانسسیس است. البته با ساختمان توربین های پلتون افقی (با تعدد چرخها) تدریجاً این فاصله رو بتقلیل است.

ب - هزینه بهره برداری :

در اینجا قسمت عمده هزینه ها شامل مخارج نگهداری میباشد. در هر دو مورد فرسودگی وسائیدگی قسمتهای مختلف ماشین باعث تقلیل راندمان خواهد بود و با اینکه سهولت تعمیرات موجب برتری توربین پلتون بر توربین فرانسسیس است ولیکن اگر آب ناحیه دارای ذرات ریز جامد باشد پره های توربین پلتون سریعتر ضایع و خورده میشود از طرفی پیشرفتهائی که در ساختمان و انتخاب نوع فلز بخصوص در ساختمان لایبرنتها از نظر جلوگیری از فرسایش سریع آنها بعمل آمده مزیت توربین های فرانسسیس بر نوع پلتون بطور محسوسی حفظ شده است.

ج - وسعت و امکانات عمل :

در مورد توربین فرانسسیس با استقرار لوله مکش میتوان گفت که از تمام ارتفاع ریزش هندسی استفاده میشود در صورتیکه در توربین های پلتون اختلاف ارتفاع بین محور ماشین و پایاب جزء افت درمیآید (تجربه نشان میدهد که اختلاف ارتفاع بین قسمت پائین چرخ و حد بالای سطح پایاب نباید از قطر چرخ کمتر باشد).

برای مقایسه دامنه عمل توربین های فرانسسیس و پلتون مشخصه راندمان آنها را باهم مقایسه میکنیم. برای قدرتهای مشابه راندمان ماکزیمم توربین های نوع فرانسسیس زیادتر از نوع پلتون بوده برای تغییرات ارتفاع ریزش، تغییرات بالنسبه کمتری مینماید. بالعکس برای تغییرات شدت جریان، تغییرات راندمان در توربین های پلتون خیلی کمتر از توربین های فرانسسیس است و در این شرایط برتری آن نسبت بتوربین فرانسسیس بخصوص با ازدیاد متناسب تعداد انژکتورهایش از پیش آشکار میگردد.

بنابراین با در نظر گرفتن شرایط کار مراکز هیدروالکتریک برحسب اینکه تغییرات ارتفاع ریزش و یا تغییرات زیاد شدت جریان آب در مدت بهره برداری آن اجباری باشد بترتیب برتری با توربین فرانسسیس و یا توربین پلتون خواهد بود.

II- انتخاب توربین های «فرانسسیس - کاپلان».

الف - هزینه تأسیساتی .

بطوریکه میدانیم ضریب کاوتیاسیون بحرانی σ_c برای توربین های فرانسسیس و کاپلان بطرز مشابهی محاسبه میگردد و از طرفی در صورت یکسان بودن شرایط کار و ساختمان آندو حد بالای سرعت دورانی برای هر دو نوع ماشین از نظر تئوری یکسان خواهد بود.

در دو پروژه کاملاً مشابهی که یکی شامل توربین فرانسسیس و دیگری شامل توربین کاپلان باشد معمولاً در مورد توربین کاپلان سرعت دورانی زیادتری قابل پیش بینی است و همانطوریکه ملاحظه شد مقادیر تجربی در صنعت نیز آنرا تأیید می نماید.

(در مورد توربین کاپلان $ns/\sqrt{h} = 2400$ و در مورد توربین فرانسسیس $ns/\sqrt{h} = 2000$ است). سازندگان مختلف ماشینهای آبی همواره توصیه میکنند ماشین با سرعتی کمتر از مقداریکه با در نظر گرفتن پدیده کاوتیاسیون حساب شده است کار کند و برای اعمال این نظر توربین کاپلان مناسب تر میباشد و تنها در بعضی شرایط است که برای رسیدن بمقدار سرعت بالنسبه بالاتر و جانشین نمودن توربین کاپلان بوسیله توربین فرانسسیس از نوع فرانسسیس با دوچرخ استفاده میشود.

همچنین با در نظر گرفتن اینکه از طرفی برای سرعت معین و مشابه قیمت توربین فرانسسیس بعلت سادگی ساختمان خیلی پائین از قیمت توربین کاپلان است و از طرف دیگر ضریب فرار توربین کاپلان (نسبت سرعت فرار بسرعت عادی ماشین) بیشتر از ضریب فرار توربین فرانسسیس بوده و اختلاف کمی در قیمت الترناتور مربوطه را ایجاد می نماید نتیجه میشود که مقایسه دونوع ماشین وقضاوت در مزیت یکی بردیگری بطور مطلق، بسادگی امکان پذیر نیست و بخصوص بعلت قابل گذشت بودن اثر پدیده ضربت قوج که در مقایسه بین توربین های (فرانسسیس، پلتون) عامل موثری بود در مورد اخیر مطالعه آن ضرورت پیدانمی کند.

ب - هزینه بهره برداری :

در حالت عادی برای ارتفاع ریزش های کم هزینه نگهداری تأسیسات از نظر مقایسه مسئله مهمی تلقی نمی گردد مع الوصف در این زمینه برتری با توربین کاپلان است.

ج - وسعت وامكانات عمل

در مورد توربین فرانسيس و کاپلان تنها در همین قسمت است که برتری یکی بردیگری آشکار می‌گردد با وجود اینکه با هر دو نوع ماشین بعلت دارا بودن لوله مکش می‌توان از تمام ارتفاع ریزش استفاده نمود (نبودن سریت یکی بردیگری) ولیکن بطوریکه منحنی‌های مشخصه نشان می‌دهد در مورد توربین کاپلان بعلت وجود چرخ باپره‌های محترک بخوبی می‌توان با تغییرات بار و ارتفاع ریزش مقابله کرد و در هر حال ضریب بهره رضایتبخشی بدست آورد. بنابراین در تأسیساتیکه دیاگرام کار آنها تغییرات زیاد بار و ارتفاع ریزش را ایجاد می‌کند با تحمل مقداری هزینه‌های بیشتر، مزیت با توربین کاپلان خواهد بود.