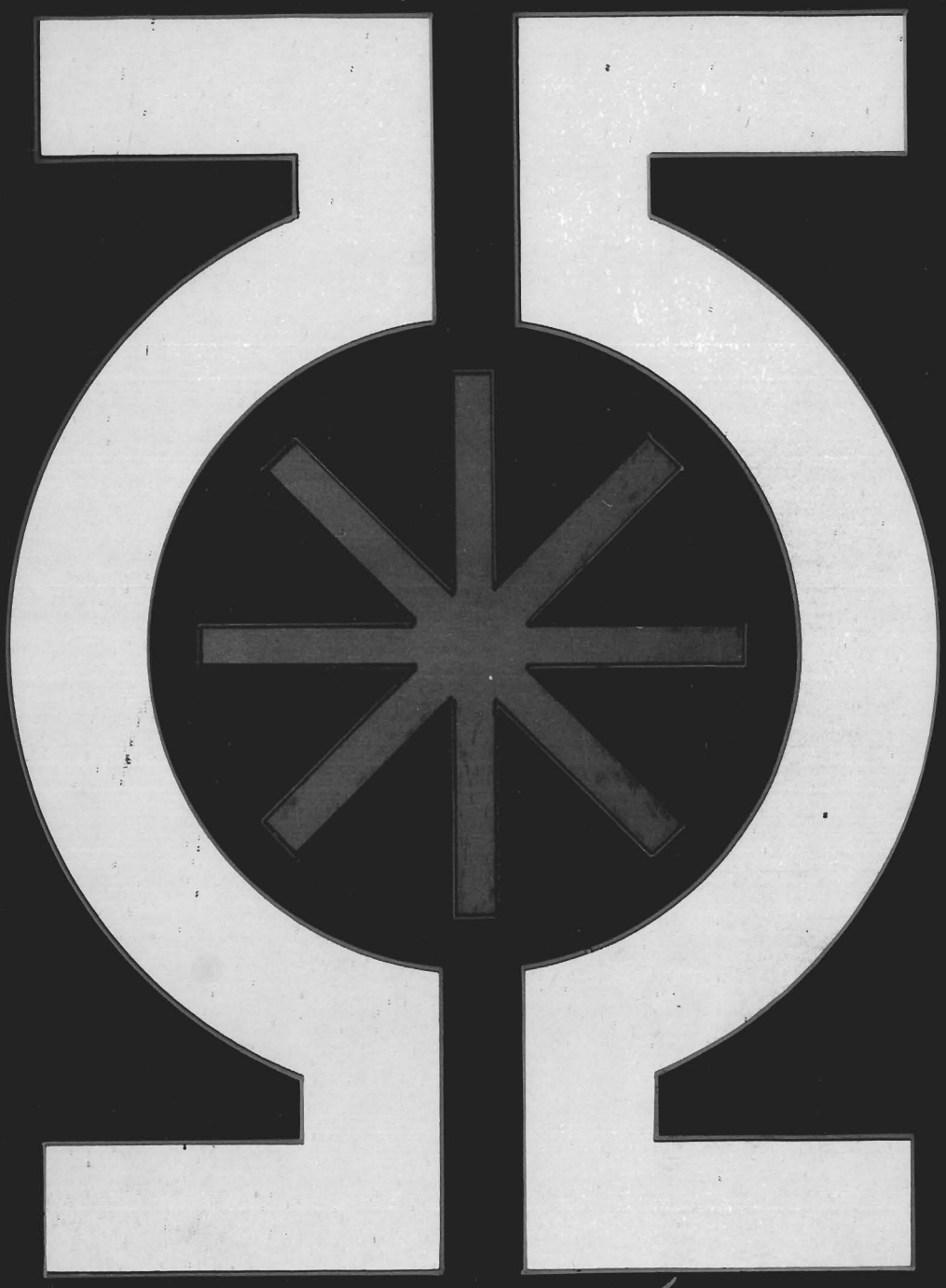
PUMPIRAN
پمپیران

پمپ



نشریهٔ فنی و آموزشی شرکت صنایع پمپ سازی ایران

۳
بهار ۱۳۶۴

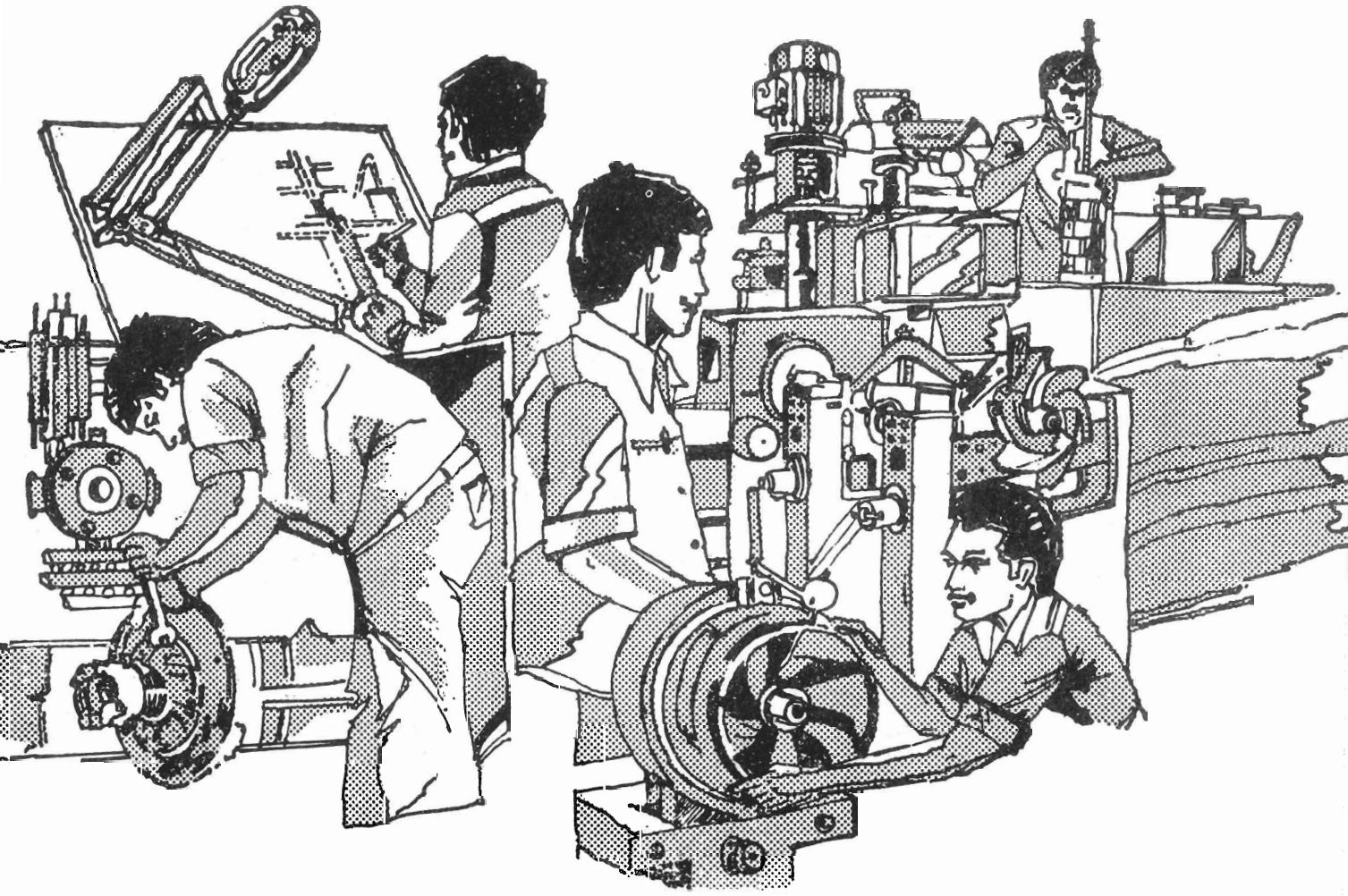
پمپ ـ نشریه فنی وآموزشی شرکت صنایع پمپ سازی ایران
شماره ۳ـ فروردین ماه ۱۳۶۴

فهرست مطالب :

روشهای نوین ماشینکاری	محسن لطفی
کنترل خودکار ایستگاههای پمپاژ (۱)	دکتر احمد لطفی
روش انتخاب تجهیزات الکتریکی پمپهای شناور	مهندس رحیم خانی
کابل وکابل کشی (۱)	علی فرح پور
محدودیتهای کاربردی انواع پمپهای آب در رابطه کاویتاسیون ،خوردگی ، سایبدگی وموقعیت نصب	مهندس علی وکیلی تهامی
تاریخ تکامل پمپ (۱)	مهندس علی وکیلی تهامی

روشهای نوین ماشینکاری

نوشته : محسن لطفی ـ فوق لیسانس مدیریت صنعتی



چکیده :

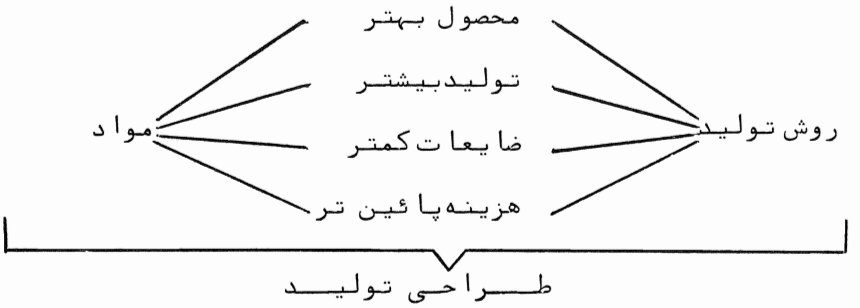
دراین مقاله دوموضوع مطرح شده است :

اول ، اهمیت بررسی موادمصرفی وروشهای کنونی تولیدبه منظور حصول چهارعامل که درطراحی تولیدموردتوجه می باشد . نظربه اینکه اکثریت قریب به اتفاق موسسات صنعتی ماروش های تولیدی وموادپیشنهادشدهٔ موسسات تولیدی خارجی راموردا ستفاده قرار می دهندلذا اهمیت موضوع فوق موردبررسی قرارگرفته است .

دوم ،روش های نوین ماشینکاری که درسال های اخیرمطرح شده وتفاوت فاحشی باروشهای کنونی تولیدی داردموردبحث قرارگرفته است . این روش ها با توجه به سه عامل اصلی دسته بندی شده اند .

انتخاب موادوروش ماشینکاری تحقیقا "ازمهمترین عوامل درچگونگی راندمان کارگاه ومحاسبات قیمت تمام شدهٔ محصول می باشند درواقع به منظورداشتن راندمان مطلوب وقیمت تمام شده پائین تربایستی توجه وافری نسبت به انتخاب مناسب مواد وروش ماشینکاری نمود .

دراکثرکارخانجات کشورماکه معمولا "محصولات براساس موادوروش های وارداتی تولیدمی شوند ، درجهٔ اهمیت ارزیابی موادوروش تولیدبسیارمشخص می باشد .بطورکلی به منظورارزیابی موادوروش بایستی چهارعامل اصلی موردبررسی دقیق قرارگیرند .



درسال های اخیرکه صنایع ماشین سازی رشدچشمگیری داشته اند ،روش های تولیدی جدیدی معرفی شده اندکه این روش ها توانسته اندتلفیق مناسبی ازچهارعامل اصلی بالارادرصنایع ایجادنمایند . مثلا "معرفی ماشین های مخصوص ، ماشین های NC و CNC ویا ماشینینگ سنترها توانسته اندحرکت های بزرگی رادرجهت بهبودروش های ماشینکاری ایجادنمایند . علیهذا این پیشرفتها فقط درزمینه های فوق نبوده ،بلکه حرکت هائی نیزدرزمینهٔ ابداع روش های جدیدماشینکاری شده است که این روشها بطورکلی با روشهای معمول کنونی متفاوت می باشند .

رشدسریع صنایع هوائی واتمی درسال های اخیر، لزوم استفاده ازانواع مواد سخت با خواص فیزیکی وشیمیائی مخصوص را مانندکاربیدها ،فولادهای صدزنگ ،فولادهای مقاوم دربرابرحرارت ، ..... راامری اجتناب ناپذیرنموده است.البته این مواد به واسطهٔ سختی ،مقاومبودن دربرابرحرارت وسایرخواص مطلوب مصارف زیادی نیزدرسایر صنایع دارند.

علیرغم رشدسریع وچشمگیرروش های ماشینکاری کنونی ،این روش ها به واسطهٔ غیر اقتصادی بودن مناسب برای ماشینکاری همهٔ موادی که دارای خواص مخصوص بوده و عده ای ازآنها دربالاذکرشدنمی باشند. بعلاوه ماشینکاری این موادوتبدیل آنها به شکل های پیچیده موردنیازنه تنها مشکل ووقت گیربوده ،بلکه دربسیاری ازموارد غیر ممکن نیزمی باشند.

لذا متخصصین ومهندسین برای حل مسئلهٔ فوق موفق به ابداغ تکنیک های جدیدی برای ماشینکاری انواع موادوآلیاژها شده اندکه این تکنیک ها با روش های گذشته تفاوت های فاحشی دارند. این روش های جدیدبا توجه به نوع انرژی که صرف می کنندبه سه دسته تقسیم می شوند.:

الف ـ حرارتی والکتروترمال

ب ـ شیمیائی والکتروشیمیائی

ج ـ مکانیکی

دراینجا انواع مختلف هرکدام ازروشهای فوق موردبحث قرارمی گیرد.

الف ـ روشهای ماشینکاری حرارتی والکتروترمال

دراین روش ها ،انرژی حرارتی برروی قسمت بسیارکوچکی ازقطعه کارمتمرکزشده وبدینوسیله ذرات بسیارریزی ازموادقطعه کارآب ویا تبخیرمیشود. این روش درست مانندتنظیم کردن یک عدسی درزیرنورخورشیدبرای سوزاندن کاغذمی باشد.دراین روشها، عمل فوق چندین مرتبه تکرارشده تا شکل خواسته شده قطعهٔ کاربرطبق نقشه ماشینکاری شود. این روش ها عبارتنداز:

۱ـ روش ماشینکاری جریان الکتریکی (EDM)

Electrical Discharge Machinging

۲ـ روش ماشینکاری پرتولیزر (LBM)

Laser Beam Machining

۳ـ روش ماشینکاری قوس پلاسما (PAM)

Plasma Arc Machining

۴ـ روش ماشینکاری پرتوالکترون (EBM)

Electron Beam Machining

ب ـ روشهای ماشینکاری شیمیائی والکتروشیمیائی

درروش‌های ماشینکاری شیمیائی ، قطعه‌کارتوسط موادشیمیائی مانند اسید ماشینکاری شده‌ودرروش‌های الکتروشیمیائی تجزیه‌موادقطعه‌کارتوسط جریان برق درمحلول شیمیائی انجام‌میگیردکه‌دراین محلول شیمیائی (الکترولیت)موادقطعه کارآند (مثبت) وابزارکاتد (منفی) می‌باشد. این روش‌ها عبارتند از:

۱ـ روش ماشینکاری شیمیائی (CHM)

Chemical Machining

۲ـ روش ماشینکاری الکتروشیمیائی (ECM)

Electrochemical Machining

۳ـ روش سنگ زنی الکتروشیمیائی (ECG)

Electrochemical Grinding

۴ـ روش هونینگ الکتروشیمیائی (ECH)

Electrochemical Honing

ج ـ روشهای ماشینکاری مکانیکی

دراینگونه‌روش‌های ماشینکاری ، موادقطعه‌کارتوسط فرسایش مکانیکی به‌شکل دلخواه‌تبدیل می‌شود. این روشها عبارتند از:

۱ـ روش ماشینکاری مافوق صوت (USM)

Ultrasonic Machining

۲ـ روش ماشینکاری بافشارموادساینده (AJM)

Abrasive Jet Machining

۳- روش ماشینکاری با فشار آب (WJM)

Water Jet Machining

لازم به یادآوری است که اگرچه ماشینکاری با فشار آب هنوز در مراحل آزمایشگاهی است، ولی درحال حاضر میتوان از فشار آب برای برش کاغذ، چوب، چرم و سایر اقلام مشابه استفاده نمود. بطورکلی میتوان خاطرنشان کرد که روش های نوین ماشینکاری، موارد مصرف بسیار متنوعی داشته و میتوان انواع فلزها، آلیاژها و سایر مواد غیرفلزی را بوسیله آنها ماشینکاری نمود. این امر خود نقطه مثبتی برای این روش ها بوده زیرا در روش های معمول ماشینکاری معمولا" با یکدستگاه ماشین نمیتوان هرگونه فلز یا غیر فلز را بنحو مطلوب و در شرایط مختلف شکل ظاهری ماشینکاری نمود. البته مطلوبیت عمل کرد هرکدام از روش های جدید ماشینکاری برای مواد فلزی و غیرفلزی متفاوت بوده و این امر در جدول ۱ مشخص شده است.

جدول ۱ـ موارد مصرف روشهای نوین ماشینکاری برای مواد متفاوت

Table 1—Application of Non-traditional Machining with Various Work Materials

Material	USM	AJM	ECM	CHM	EDM	EBM	LBM	PAM
Metals and alloys								
Aluminium	Poor	Fair	Fair	Good	Fair	Fair	Fair	Good
Steel	Fair	Fair	Good	Good	Good	Fair	Fair	Good
Super alloys	Poor	Good	Good	Fair	Good	Fair	Fair	Good
Titanium	Fair	Fair	Fair	Fair	Good	Fair	Fair	Good
Refractories	Good	Good	Fair	Poor	Good	Good	Poor	Poor
Non metals								
Ceramic	Good	Good	Not applicable	Poor	Not applicable	Good	Good	Not applicable
Plastic	Fair	Fair	Not applicable	Poor	Not applicable	Fair	Fair	Fair
Glass	Good	Good	Not applicable	Fair	Not applicable	Fair	Fair	Not applicable

Good = خوب Fair = نسبتا "خوب Poor = ضعیف

Not applicable = غیرقابل مصرف

مطلوبیت کاربرد روش های جدید همچنین به شکل و اندازه قطعه کار و عملیات ماشین کاری آن بستگی دارد. مثلا" روش ماشینکاری شیمیائی (CHM) برای سوراخ کاری

سوراخ هایی که قطر آن کمتر از ۰/۰۳ میلیمتر باشد و طول سوراخ کم باشد نسبتا "خوب بوده ولی برای سوراخکاری عمقی مناسب نمی باشد.

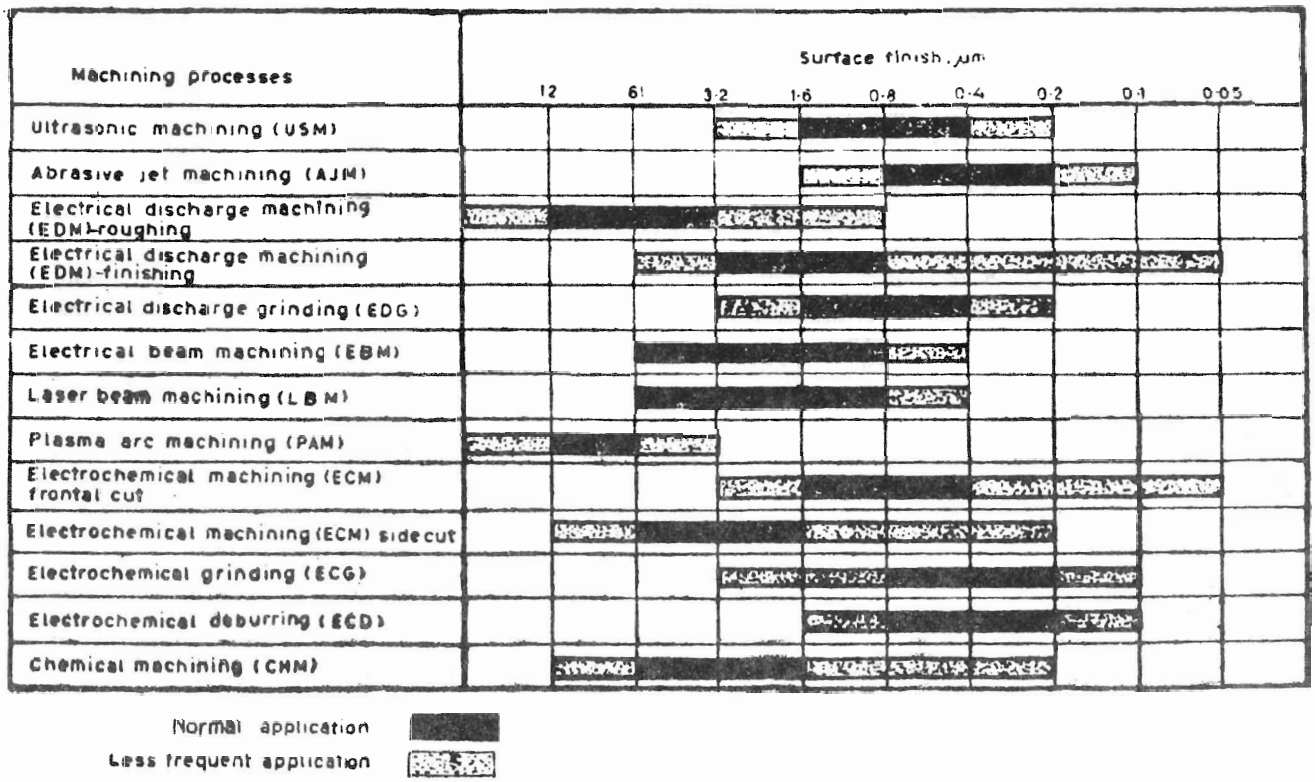
درجدول ۲ مطلوبیت کاربرد این روش ها با توجه به اندازه قطعه کار و عملیات ماشین کاری مورد نیاز آمده است. درشکل ۳ نیز سطح صافی که می توان با روش های جدید ماشین کاری بدست آورد آمده است.

بطور کلی باید تاکید نمود که روشهای جدید را نمی توان جایگزین طرق معمول ماشینکاری نمود، خصوصا "از آنجا که این روش ها برای تمام مواد و قطعات مطلوب نمی باشند بلکه بهتر است روش های جدید را تکمیل کننده های روش های معمول ماشینکاری دانست.

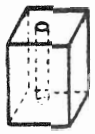
بدیهی است انتخاب روش های نوین ماشینکاری باید با توجه به مواد قطعه کار، چگونگی عملیات، کیفیت بهتر کار و صایعات کمتر مورد تصمیم گیری قرار گیرد.

شکل ۳ـ سطح صافی که می توان با روش های جدید ماشینکاری بدست آورد.

Table 14.4—Typical Surface Finishes from Non-Traditional Material Removal Processes



جدول ۲ ـ مطلوبیت کاربردروشهای حدیدماشینکاری با توجه به شکل قطعه کاروعملیات ماشینکاری.

Machining processes	Holes				Through cavities		Pocketing		Surfacing		Through-cutting		Special applications			
	Precision small holes		 Deep holes													
	Micro holes $D<0.03$	Small holes $0.15<D<0.03$	Shallow $L/D<20$	Deep $L/D>20$	Precision	Standard	Shallow	Deep	Double contouring	Surface of revolution	Shallow	Deep	Grinding	Honing	Deburring	Threading
Ultrasonic machining (USM)	--	—	Good	Poor	Good	Good	Poor	Poor	Poor	—	Poor	—	Poor	Fair	Good	--
Abrasive jet machining (AJM)	—	--	Fair	Poor	Poor	Fair	—	—	—	—	Good	—	Good	—	Good	—
Electrochemical machining (ECM)	—	--	Good	Good	Fair	Good	Good	Good	Good	Fair	Good	Good	Fair	Good	Good	Poor
Chemical machining (CHM)	Fair	Fair	—	—	Poor	Fair	Good	Poor	—	—	Good	—	—	—	Poor	--
Electrical discharge machining (EDM)	--	Fair	Good	Fair	Good	Good	Good	Good	Fair	—	Poor	—	Good	—	Poor	Good
Electron beam machining (EBM)	Fair	Good	Fair	Poor	Poor	Poor	—	—	—	—	Good	Fair	—	—	—	—
Laser beam machining (LBM)	Good	Good	Fair	Poor	Poor	Poor	—	—	—	—	Good	Fair	—	—	—	—
Plasma arc machining (PAM)	—	—	Fair	—	Poor	Poor	-	—	—	Poor	Good	Good	--		—	Poor

Poor = صعیف Fair = نسبتا "خوب Good = خوب

فهرست منابع :

1 - PRODUCTION TECHNOLOGY ، 1980 . NEW DEHLI : HMT LTD ، PP . 456-8

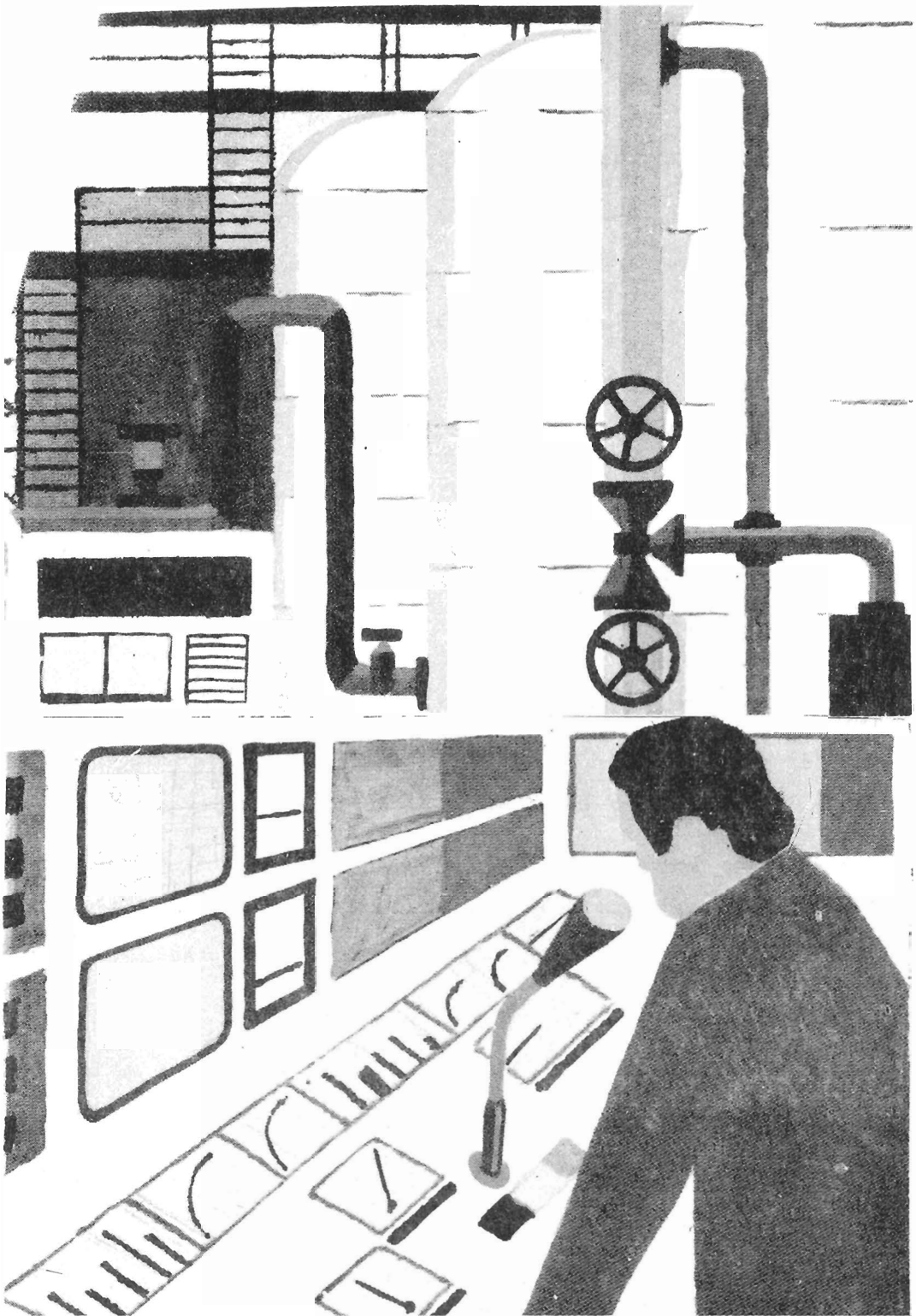
2 - EILON SAMUEL ، 1962 . ELEMENTS OF PRODUCTION PLANNING AMD CONTROL ، NEW YORK : THE MCMILLAN COMP . PP . 173 - 5

3 - BROOM H . N . 1967 . PRODUCTION MANAGEMENT . ILLINIOS : R . D . IRWIN INC .

کنترل خودکار ایستگاههای پمپاژ

قسمت اول

دکتر احمد لطفی



چکیده :

در این مقاله بعد از کوشش جهت روشن ساختن محاسن و معایب سیستم خودکار و امکانات و محدودیتهای کاربردی آن ، اصول اساسی و دستگاههای سیستمهای خودکار توصیح داده شده است . با توسعه روش های نوین شبکه های آبیاری و رهگشی تحقیقات پیشرفته ای خودکار کردن ایستگاههای پمپاژ را لازم میگرداند . کنترل ایستگاههای پمپاژ برای تامین آب به دو طریق صورت میگیرد :

ـ کنترل مداوم که مقدار آب مورد نیاز را مستقیما " از ایستگاه تامین مینماید .

ـ کنترل ناپیوسته یا منقطع با بکار بردن یک مخزن حد واسط .

کنترل منقطع با اندازه گیری سطوح آب در یک مخزن تحت فشار یا مخزن آزاد و یا بوسیله اندازه گیری فشار در یک مخزن تحت فشار انجام میگیرد .

کنترل مداوم با اندازه گیری مقدار جریان (دبی جریان) در لوله خروجی با بکار بردن یک مخزن تحت فشار برای تامین مقادیر کم جریان انجام میپذیرد .

این مقاله چند متد کنترل سیستم خودکار همراه با سیستمهای اصلی تنظیم و حفاظت تاسیسات را بیان میکند که در دو قسمت ارائه شده و اینک قسمت اول از نظر خوانندگان میگذرد .

مقدمه :

کنترل خودکار یا اتوماتیزاسیون (1) بمفهوم جانشین کردن کار انسان توسط یک ماشین و یا بطور دقیق توسط دستگاههای کنترل است . این دستگاهها به مرور زمان کامل تر و پیچیده تر شده اند و در تمام زمینه های تکنیک و صنعت مورد استفاده قرار میگیرند . در عصر حاضر دستگاههای کنترل از صورت مکانیکی به صورت الکترونیکی تغییر یافته اند و میتوان گفت برخلاف دهه های گذشته اینک قسمت اعظم فاکتورهای دخالت کننده در کار یک ماشین توسط دستگاههای کنترل ، تنظیم و مرتب میشوند .

با وجود این صحبت از دستگاههای الکترونیکی در این مورد به علت پیچیدگی و تخصص های ویژه بی فایده خواهد بود . هدف از این سری مقاله نشان دادن اصول اولیه ایست که در ایستگاههای پمپاژ در ارتباط با تکنیک های آبیاری جهت کنترل و تنظیم شبکه های بزرگ بکار میروند .

از مدتها قبل در ایستگاههای پمپاژ کنترل خودکار ساده ای بکار میرود که عبارتست

از راه اندازی[۲] پمپ برحسب سطح آب در یک مخزن ،توسعه تکنیکهای مدرن آبیاری و رهکشی ، از قبیل آبیاری پاششی یا بارانی[۳] و آبیاری قطره ای[۴] شبکه های آبرسانی و فاضلاب باعث تحقیقات بیشتر و پیشرفته ای در زمینه کنترل خودکار ایستگاههای پمپاژ شده است ،بنظر می رسد که این کنترل خودکار دو جنبه کاملا" متمایز داشته باشد :

الف ـ فرمان خودکار ،[۵]

ب ـ کنترل و ایمنی تاسیسات .

در هر ایستگاهی می توان کنترل خودکار را به منظور یکی از جنبه های فوق الذکر یا بخاطر هر دو کار گذاشت ،دو عمل مذکور می توانند توسط دستگاه خودکار و بطور همزمان انجام پذیرد و یا اینکه هر عمل بوسیله دستگاه جداگانه ای اجرا شود ،در حالت اخیر عملی که باعث عکس العمل دستگاهها می شود متفاوت خواهد بود .

بوضوح ، مهمترین وظیفه دستگاههای کنترل کننده ،محافظت و کنترل تاسیسات، تا حصول ایمنی کامل است ،اساسا "با لابردن کیفیت ایمنی تاسیسات با استفاده از سیستم خودکار انجام می گیرد که با این ترتیب تمرکز مشخصه های اصلی تاسیسات مانند سطح آب در مخزن ،فشار در یک نقطه نامعین در شبکه و غیره و ضمنا "کنترل لحظه ای آنها امکان پذیر خواهد بود . یا بعبارت دیگر یک فرمان asservie[۶] باعث می شود که خطاها یا اختلالات ظاهر شده در تاسیسات بطور خودکار برطرف گردد .

آب ماده ایست که پارامترهای کیفی و کمی آن در حدود وسیعی می توانند تغییر کنند ، درجه حرارت ، وجود ذرات جامد و تورم بولانس غالبا "فاکتورهائی هستند که غیرقابل کنترل هستند و عدم دخالت حتی یکی از پارامترهای فوق الذکر قادر خواهد بود تمام برنامه های از پیش تعیین شده را دچار انحراف نماید . یک دستگاه کنترل ممکن است در مقابل بعضی از فاکتورهای دخالت کننده عکس العمل نشان ندهد همچنین وجود نقصان در دستگاه کنترل باعث عدم تشخیص صحیح علامات کنترل خواهد شد بطور مثال ، اشکال حاصل در علامت دهنده های نوری برای انتقال دستور توقف آنی را ذکر می کنیم :

فرض کنیم این علامت دهنده بوسیله علامت دهنده صوتی مضاعف نشود ،در این صورت با خراب شدن لامپ علامت دهنده نوری ، قادر نخواهیم بود وجود نامیزانی یا اختلال در تاسیسات را تشخیص بدهیم . در این حالت تضمین تابلوی فرمان از دیدگاه کار تاسیسات بی اعتبار خواهد بود . برای احتناب از اینگونه نقائص باید سیستم های کنترل و ایمنی را دوبرابر وحتی سه برابر کرد ،در این صورت باید متوجه بود که پیچیدگی دستگاهها افزایش پیدا می کند و احتمال توقف ناگهانی و عدم تنظیم زیاد می شود ،در نتیجه بدون ریسک نمی توان

درپی کنترل خودکار کامل بود.

فرمان خودکار یک ایستگاه پمپاژ، ظاهراً "باید اصلاح ایمنی ایستگاه را بدست دهد، ولی عوامل اقتصادی بیشتر از مسئلهٔ ایمنی باعث تحقیقات در این زمینه گشته است.

درواقع، متشکل کردن کارتاسیاتی، فرمان خودکار اصلاح را ندمان کلی را باعث می‌شود.

بعداً "خواهیم دید که انتخاب نوع دستگاه فرمان چه اهمیتی روی مصرف انرژی دارد از نتایج جنبی کنترل خودکار ایستگاهها از یک طرف کاهش پرسنل و از طرف دیگر نیاز به پرسنل ماهر است.

با توجه به مطالب فوق و ذکر چند نمونه از معایب و محاسن کنترل خودکار و همچنین برشمردن امکانات اجراء و محدودیتهای آن، اصول اساسی و دستگاههای کنترل خودکار به ترتیب زیر شرح داده می‌شود:

اصول اساسی و دستگاههای کنترل خودکار:

بطور کلی دو نوع سیستم تنظیم وجود دارد:

الف ـ سیستم باز یا بدون asservissement[۷]، که در آن هر پدیده‌ای با مقدار علت[۸] توسط دستگاه تبدیل کننده[۹] موجب effect[۱۰] می‌شود که نمی‌تواند موقع برگشت روی علت تاثیر بگذارد. چنین کنترل خودکار نمی‌تواند effect اختلالاتی را که باعث ایجاد انحراف مهم بین effect نظری و effect تئوری می‌گردد از بین ببرد.

ب ـ سیستم بسته یا asservie، در این سیستم effect می‌تواند توسط دستگاه مقایسه[۱۱] روی علت اثر بگذارد. دستگاه مقایسه، سنجشی را بین علامت ورودی (علت) و علامت خروجی (effect) انجام داده و آنها را (درصورت نیاز) هنگام ارسال یک علامت اصلاحی به دستگاه تبدیل کننده تطبیق می‌دهیم. به نظر چنین می‌آید که این سیستم فرمان دقت بیشتری را تامین می‌کند (شکل ۱). با وجود این سیستم بسته باعث بوجود آمدن دو نوع خطای سیستماتیک می‌شود:

۱ـ خطای استاتیک، این خطا در نتیجه انحراف موجود در تعادل بین effect نظری و effect حقیقی می‌باشد. اگر تاثیر اختلالات توسط دستگاه asservissement از بین برود، این انحراف در نتیجه عدم دقت دستگاه اندازه‌گیری و تنظیم کننده خواهد بود.

۲ـ خطای دینامیک، این خطا در نتیجه اینرسی دستگاه بوده و موجب تاخیر effect روی علت می‌شود و در پی آن تاخیر مقدار خروجی روی مقدار ورودی خواهد شد.

البته امکان دارد که با وارد کردن یک المان دیفرانسیل و یک المان انتگرال در سیستم این خطاها را کم کرد ولی خواهیم دید که این خطاها چه تاثیر مهمی در انتخاب دستگاه فرمان خودکار دارند.

در تمام سیستم خودکار شده، علامت ورودی، توسط یک وسیله اندازه‌گیری و کنترل تهیه می‌شود. این علامت به تنظیم‌کننده [۱۲] فرستاده می‌شود که آنرا تبدیل کرده و دستوری آماده می‌سازد که این دستور را Servo-mecanisme اجرا خواهد کرد.

بطور مثال، اگر بخواهیم در یک لوله بطور خودکار دبی را در یک مقدار ایده‌ال نگهداری کنیم، در این صورت دبی سنج قرار گرفته روی علامت الکتریکی مربوط به مقدار دبی را به تنظیم‌کننده خواهد فرستاد. تنظیم‌کننده دبی حقیقی را با دبی ایده‌آل مقایسه خواهد کرد و برحسب اختلاف موجود بین این دو دبی فرمان حرکت باز و بسته شدن به شیر فلکه واقع در بالادست دبی سنج داده خواهد شد. دستگاهی که باعث تبدیل علامت خروجی از تنظیم‌کننده به حرکت شیر فلکه می‌شود Servo-mecanisme می‌باشد.

باید خاطرنشان ساخت که این فرمان effect اختلالاتی را، که موجب ایجاد اختلاف بین effect تئوری و effect حقیقی می‌شود، از بین می‌برد، این اختلالات در اثر وجود نشت آب بین شیر فلکه و دبی سنج، انسداد جزئی شیر فلکه بوسیله وجود ذرات جامد و غیره ایجاد می‌شود.

وارد کردن المانهای دیفرانسیل و انتگران، در سیستم باعث می‌شود که تنظیم‌کننده حساسیت و دقت بهتری بدست آورده و زمان پاسخ [۱۳] کوتاهتر شود.

راجع به دستگاههای اندازه‌گیری، یادآوری می‌شود که انتقال علائم به مسافت طولانی (با لزام وجود یک کوپل قوی)، با احتمال تولید خطای مهم نمی‌رود. و بخاطر همین عیب است که تمام دستگاههائی که در آنها کوپل خروجی توسط یک منبع کمکی تغذیه می‌شود اصلاح می‌گردند.

انتقال علائم اندازه‌گیری و فرمان به طرق مختلف از جمله الکتریکی، هیدرولیکی و پنوماتیکی انجام می‌گیرد با وجود این برای کنترل از راه دور، انتقال الکتریکی اعمال می‌شود.

فرمان خودکار ایستگاههای پمپاژ

تخلیه آبهای جمع آوری شده از شبکه زهکشی تحت شارژ ضعیف و تقریبا "بطور ثابت انجام می‌پذیرد. در حالت کلی ایستگاه پمپاژ آب را داخل کانالی که سطح آن خیلی کم

تغییر می‌کند داخل کرده و به آن اجازه یک دبی تا نس معمولی را می‌دهد. از طرف دیگر تغییرات دبی نمی‌تواند سریع باشد. می‌توان نتیجه گرفت که فرمان خودکار در آبیاری بیشتر از زهکشی اهمیت دارد.

در یک شبکه آبیاری باراني، دبی مورد نیاز می‌تواند بسرعت از صفر به مقدار ماگزیمم خود برسد. از طرف دیگر آب باید با فشار ثابت تخلیه شود (در حالت کلی در انتهای شبکه با بحساب آوردن اختلاف ارتفاع و افت بار، فشار در حدود $3Kg/cm^2$ است و پمپها غالبا" شارژی در حدود $10Kg/cm^2$ ایجاد می‌کنند). تکنیک های فرمان خودکار در ایستگاههای پمپاژ که جزو شبکه های آبیاری پاششی یا قطره‌ای و یا شبکه‌های توزیع می‌باشند، به سرعت کاملتر می‌شوند. در این مقایسه سعی می‌شود اصول این تکنیک ها بطور اجمالی توضیح داده شود:

فرآیند فرمان خودکار بکار رفته در یک ایستگاه پمپاژ، بطور کلی به اهمیت شبکه و توپوگرافی زمین بستگی دارد. نقش ایستگاه پمپاژ عبارتست از تامین نیاز آبی که از قبل شناخته شده نیست و این نیاز می‌تواند بدو صورت زیر برآورده شود:

۱- تامین آب مورد نیاز آبیاری بطور مستقیم از ایستگاه پمپاژ- در این روش وجود یک مخزن ذخیره لازم نبوده و در عوض بطور دائم دبی پمپ با دبی مورد نیاز تطبیق داده می‌شود، یعنی فرمان خودکار بطور دائمی کار می‌کند.

۲- در این حالت یک مخزن ذخیره آب وجود دارد (یعنی وجود ذخیره حد واسط) در این مخزن سطح آب متغییر است حداقل سطحی که آب می‌تواند برسد، در آنصورت پمپ یا پمپها شروع بکار می‌کنند تا سطح آب در مخزن را بالا ببرند. در این حالت دبی پمپ با دبی مورد نیاز برابر نیست. در این حالت فرمان خودکار بکار رفته بطور ناپیوسته کار می‌کند.

واضح است که علائم دریافت شده توسط دستگاه فرمان مربوط به سطح آب در مخزن است در عمل اندازه‌گیری سطح آب در مخزن می‌تواند توسط اندازه‌گیری فشار جایگزین گردد. بالا و پائین رفتن آب در مخزن به تغییرات انرژی (فشار) آب مربوط می‌شود و وجود حداقل انرژی (سطح پائین آب) کافی است باعث بکار افتادن پمپ گردد. فرمان خودکار که بطور غیر دائمی کار می‌کند بطور ساده‌تر و با اعتماد تر از فرمان خودکاری است که بطور دائم کار می‌کند. در عمل تفاوت قطعی بین فرمان دائمی و غیر دائمی نمی‌توان قائل شد. فرمان دائمی با رانش[۱۴] مستقیم بدر دتاسیسات کوچک می‌خورد. در تاسیسات نسبتا" بزرگ موقعی که ساختمان مخازن پرهزینه باشد، یک مخزن تحت فشار آبهای هدر رفته شبکه را جمع آوری کرده و دبی های مورد نیاز کوچک را از آن تامین می‌کنند) حتی موقعی که

نیازهای مهم بوسیله یک فرمان دائمی تامین شود).

- فرمان غیردائمی

۱- بوسیله اندازه‌گیری سطح آب در یک مخزن تحت فشار (هیدروپنوماتیک)[۱۵] یا در یک مخزن با سطح آزاد آب

۲- بوسیله اندازه‌گیری فشار در یک مخزن تحت فشار

- فرمان دائمی

۱- بوسیله اندازه‌گیری دبی در لوله رانش (دبی خروجی)، در حالت کلی با استفاده از یک مخزن تحت فشار جهت تهیه دبی های ضعیف.

متدهای فرمان غیردائمی :

الف- تنظیم روی برج آب - تجزیه تنظیم روی برج آب خیلی زیاد می‌باشد و مبتنی بر فرمان دادن به هر گروه (اجتماع چند پمپ) نسبت به تغییرات سطح آب در مخزن است دو سطح H_1 و H'_1 در مخزن بوسیله دتکتور علامت گذاری شده است :

- H_1 حد پائین سطح آب که به گروه فرمان راه افتادن را می‌دهد.
- H'_1 حد بالای پائین سطح آب که به گروه فرمان توقف را می‌دهد.

فرض کنیم که دبی مورد نیاز شبکه بیشتر از دبی تامین شده توسط n گروه و کمتر از دبی $n+1$ گروه باشد. n گروه همیشه در حال کار خود خواهد بود و گروه $(n+1)$ ام که بنام گروه تنظیم خوانده می‌شود بطور منقطع کار خواهد کرد تا کمبود حجم آب در مخزن را جبران کند، موقعیت سطوح پائین و بالا نسبت به گروههای مختلف در شکل های ۲ و ۳ نشان داده می‌شود. شکل ۲ حالتی را نشان می‌دهد که در آن آخرین گروهی که شروع بکار می‌کند گروه تنظیم می‌باشد، پس تمام گروهها بترتیب این نقش را ایفا خواهند کرد. در شکل ۳ گروه اول همیشه گروه تنظیم است.

اختلاف ارتفاع بین سطوح متوالی راه اندازی و توقف گروهها باید باندازه کافی باشد تا از عمل بی‌موقع جلوگیری کند. دو فاکتور باعث می‌شود که این اختلاف زیادتر شود:

۱- عدم دقت دستگاه اندازه‌گیری سطح[۱۶]! اگر این دستگاه سطح آب را با خطای مطلق ۵ سانتی متر نشان دهد، اختلاف بین دو سطح متوالی باید حداقل ۱۵cm باشد تا از معکوس شدن زمان جلوگیری بعمل آید.

۲ـ اینرسی هیدرولیک تاسیسات : فرض شودکه دبی q از مخزن برداشته شود ،سطح آب پائین رفته تا به سطحی برسدکه فرمان شروع بکار گروهی داده شودکه دبی اسمی آن ، $Q>q$ است .

این گروه باید کمبوددبی را جبران نماید ونقش گروه تنظیم را بازی میکند ولی قبل ازاینکه دبی این گروه به q تقلیل یابد ،مقدار معینی آب از مخزن خارج گردیده است . حجم این مقدار آب به زمان راه افتادن موتور ،زمان باز شدن دریچه یکطرفه پمپ وطول لوله رانش ، مربوط میشود . اگر این حجم بیشتر از حجم بین دوسطح متوالی راه اندازی باشد ،،پمپ دوم بطور نابهنگام شروع بکار خواهدکرد .

برای محدودکردن فرکانس راه اندازی یک گروه باید پیش بینی دیگری انجام داد فرکانس ماگزیمم قابل قبول راه اندازی یک گروه تقریبا ۶ بار در ساعت میباشد .برای رعایت این شرط ،زمان پروخالی شدن حجم موجود بین دوسطح فرمان گروه باید ۱۰ دقیقه یا بیشتر باشد .درصورتیکه دبی خارج شده از مخزن را هنگام توقف گروه تنظیم دبی کسری[۱۷] بنامیم ،موقعیکه این دبی صفر یا برابر با دبی گروه تنظیم باشد زمان پروخالی شدن بی نهایت خواهدشد ،درواقع دراین حالت سطح آب درمخزن تثبیت میشود .همچنین هنگامی که دبی گروه تنظیم دوبرابر دبی کسری باشد ،مدت مذکور مینیمم خواهدبود . پس طول مدت برابر است با :

$$\frac{\frac{V_o}{Q_r}}{2} + \frac{\frac{V_o}{Q_r}}{2} = \frac{4V_o}{Q_r} \qquad (۱)$$

شرط دقیقه $10 = \frac{4V_o}{Q_r}$ ، حجم مینیمم بین دوسطح فرمان یک گروه را تثبیت میکند .بارعایت پیش بینی های فوق وتنظیم اخیرالذکر بسیار مطمئن خواهدبود .با وجود این پیش بینی یک اختلاف مینیمم (کمتر از 5^{cm}) بین دوسطح متوالی راه اندازی یا توقف ،غالبا" پرزحمت است . مجموع این اختلافات راندمان تاسیسات را کاهش داده وهزینه مخزن را بالا میبرد (این اختلافات درحالت اول باعث میشوندکه ارتفاع رانش پمپ بی جهت افزایش پیدا کندودرحالت دوم پوسته مخزن افزایش ارتفاع پیدا کند .)

برای اصلاح این عیب است که بعضی مواقع تنظیم با دوسطح همراه با Temporisation[۱۸] بکار برده میشود ، اصول آن خیلی ساده است ولی تطبیق آن مشکل میباشد .درسطح نهائی فرمان برای تمام گروهها مشترک است .برای راه اندازی تمام گروهها یک دستور برقرار میشود . این دستور برای متعادل کردن استفاده از پمپها موقعی که یکسان باشند ، میتواند توسط دستگاه Permutation[۱۹] دستی تعییر حاصل نماید .Temporisation تعداد گروههائی راکه باید باهم کارکرده یا توقف نمایند تنظیم میکند .

موقعی که سطح آب به حد پائین خود رسید، یک گروه شروع بکار می‌کند. اگر در پایان زمان T_0 (مدت Temporisation)، سطح آب بازهم در حد پائین خود باشد، گروه دیگر شروع بکار خواهد کرد. طرز عمل برای توقف گروهها نیز بهمین منوال است. تنظیم زمان T_0 تا حدی مشکل است و علت این امر را می‌توان بایں صورت شرح داد: موقعی که دبی کسری به دبی گروه تنظیم نزدیک باشد، بعد از اینکه فرمان شروع بکار داده شد و قبل از اینکه دبی گروه به دبی اسمی برسد، حجم معینی از آب مخزن تخلیه خواهد شد. زمانیکه صرف می‌شود تا سطح آب در حالت صعود، دوباره به سطح راه اندازی برسد، می‌تواند تا اندازه‌ای طولانی باشد. در حد، اگر:

$$Q_d = Q_r - \varepsilon \qquad (۲)$$

این زمان صعود بی‌نهایت خواهد شد. پس مدت Temporisation هرگز با اندازه کافی زیاد نخواهد بود تا از راه اندازی نابهنگام یک گروه جدید در مواقع خیلی نامناسب جلوگیری کند.

از طرف دیگر، هربار که $Q_d > Q_r$ (مستقل از دبی جریانی در مدت T_0) باشد این فرمان باعث راه افتادن یک یا چند گروه خواهد شد: در واقع زمان صعود سطح آب افزایش می‌یابد، زیرا بعد از بکار افتادن گروه تنظیم ناقص تخلیه مخزن ادامه پیدا می‌کند.

با توجه به این مشکلات، این نوع تنظیم برای برج آب ترجیح داده نمی‌شود، برعکس کاربرد آن در روی کانالها جالب توجه خواهد بود، چون تغییرات سطح آب در کانال کم بوده و دبی کانال نیز در معرض تغییرات سریع قرار ندارد. و سطح آب در نتیجه امواج مثبت و منفی (توسط راه افتادن و توقف پمپها ایجاد می‌شود) بین دو سطح فرمان نگه داشته می‌شود، بعضی مشکلات فوق الذکر در مورد مخازن در اینجا بکلی از بین می‌رود.

ب- تنظیم روی مخزن با هوای فشرده یا تحت فشار[۲۰] در یک مخزن تحت فشار، کمیت مشخصه سطح آب نبوده بلکه فشار در داخل مخزن است، در واقع سطح آب، نه تنها برحسب فشار، بلکه درجه حرارت و مقدار هوائیکه در مخزن بالای سطح آب موجود است، نه تنها بر حسب فشار، بلکه درجه حرارت و مقدار هوائیکه در مخزن بالای سطح آب موجود است، تغییر می‌کند لذا متد فرمان با تغییرات سطح خیلی کم مورد استفاده قرار می‌گیرد و در صورتیکه بکار برده شود بایستی یک دستگاه پیچیده تنظیم هوا در آن پیش بینی شده باشد، در غیر اینصورت موجب اشکال در عمل و حوادث دیگر می‌شود. با وجود این روش تنظیمی که دتکتور سطح با فشار دیفرانسیل انجام می‌گیرد، غالبا "بنام فرمان با سطوح یا توسط سطوح خوانده"[۲۱] می‌شود. این روش بدون حادثه عمل می‌کند ولی باید خاطرنشان ساخت که کمیت اندازه‌گیری شده اختلاف فشاری است که بین قسمت تحتانی مخزن و قشر هوا وجود دارد.

اساس کار فرمان همان است که در مورد مخازن با سطح آزاد تشریح گردید: در فشار H_0 پمپی شروع بکار می‌کند و در فشار H_1 همان پمپ توقف می‌کند. اختلاف مینیممی که باید بین H_0 و H_1 رعایت شود، باز هم بوسیله فرکانس ما گزینم قابل قبول برای راه‌اندازی یک پمپ، تعیین می‌شود. اگر پمپ با دبی ثابت کار کند (حالت یک پمپ حجمی، نه حالت یک پمپ سانتریفیوژ که تقریبا "تمام ایستگاههای آبیاری مجهز به آن می‌باشند)، در اینجا نیز حجم مفید مربوط به اختلاف مینیمم H_0H_1، برابر $\frac{1}{4}$ زمان پرشدن توسط یک گروه میباشد یعنی $\frac{T_0}{4}$.

ولی باید یک پمپ سانتریفیوژ دبی برحسب فشار حاکم در مخزن و منحنی مشخصات پمپ تغییر می‌کند. والیبوز (M .VALIBOUZE) فورمولی برای دبی متوسط Q_m پمپ برحسب فشارهای H_0 و H_1 نقاط راه‌اندازی و توقف (سطوح پائین و بالای آب) ارائه داده است. والیبوز منحنی مشخصات پمپ را به یک پارابول تشبیه کرده و رابطه زیر را داده است:

$$Q_m = \frac{2}{3}\left(\frac{Q_0^2+Q_0Q_1+Q_1^2}{Q_1+Q_0}\right)$$

که در آن Q_0 دبی مربوط به فشار راه‌اندازی H_0 و Q_1 دبی مربوط به فشار توقف H_1 می‌باشد.

حجم مفید مخزن عبارتست از: $V_u = \frac{TQ_m}{4}$ (۴)

اگر V_0 و V_1 بترتیب حجم هوای مخزن در فشارهای H_0 و H_1 و h_a فشار آتمسفر باشد طبق قانون ماریوت خواهیم داشت:

$$V_0(H_0+h_a)=V_1(H_1+h_a) \qquad (۵)$$

از طرف دیگر حجم مفید مخزن عبارتست از: $V_u=V_0-V_1$ (۶)

$$V_u=V_0\left(1-\frac{H_0+h_a}{H_1+h_a}\right) \qquad (۷)$$

یا:

بالاخره V_0 معرف حجم حقیقی مخزن می‌باشد:

$$V_0=\frac{T}{\frac{H_1-H_0}{H_1+h_a}X\frac{4}{Q_m}} \qquad (۸)$$

فورمول فوق ،راهنمای خوبی برای اصلاح فرمان خودکار درمخازن تحت فشار است .
درواقع به‌علت هزینه سنگین ساختمان یک مخزن تحت فشار،باید حداکثر محدودیت را در حجم آن قائل شد .با بررسی فورمول (۸) ،می‌توان با کاهش دادن T یا Q_m ویا با افزایش دادن H_1-H_0 حجم مخزن را کاهش داد .

کاهش T به‌علت فرسودگی ابزار الکتریکی بخصوص موتورها وکنتاکتورها محدوداست درعمل بندرت T را کمتر از ۱۵ دقیقه بحساب می‌آورند .کاهش Q_m این احتمال را دارد که مورد انتظار را معکوس کند وتنها راه کاهش Q_m افزایش تعداد پمپ ها ست .پس اگرفرمان خودکاری با فشار درجه‌بندی شده مورد استفاده قرار گیرد ،حداقل اختلاف بین فشارهای راه‌اندازی وتوقف متوالی که باید رعایت شود (اختلاف اعمال شده جهت اجتناب ازضربات نابهنگام) ، به‌افزایش قابل ملاحظه فشار مربوط به‌راه‌اندازی گروه اول منجرخواهد شد ،درنتیجه ارتفاع رانش وحجم مخزن افزایش پیدا خواهدکرد .

ملاحظات زیردراین موردباید رعایت شود :

۱ـ انتخاب یک دستگاه اندازه‌گیری دقیق ومطمئن ،که اختلاف مینیمم را بطورصحیح اندازه‌گیری کند (بطورکلی نوار ایمنی که‌بین فشارهای مربوط به‌راه‌اندازی دوگروه متوالی موردموافقت قرار گرفته درحد $250 g/cm^2$ می‌باشد .)

۲ـ بهترخواهدبودکه‌فرمان گروههای مختلف با فشارهای یکسان راه‌اندازی‌وتوقف انجام‌گیرد .درفرمول (۸) جمله‌دیگری بطورمعکوس با حجم مخزن V_0 درارتباط است وآن H_1-H_0 می‌باشد ،افزایش این جمله باعث تولیداشکالات زیرمی‌شود :

ـ درمرحله اول باعث افزایش وسعت پلاژبکار برده‌شده ازمنحنی مشخصات ودرنتیجه کاهش راندمان می‌گردد .

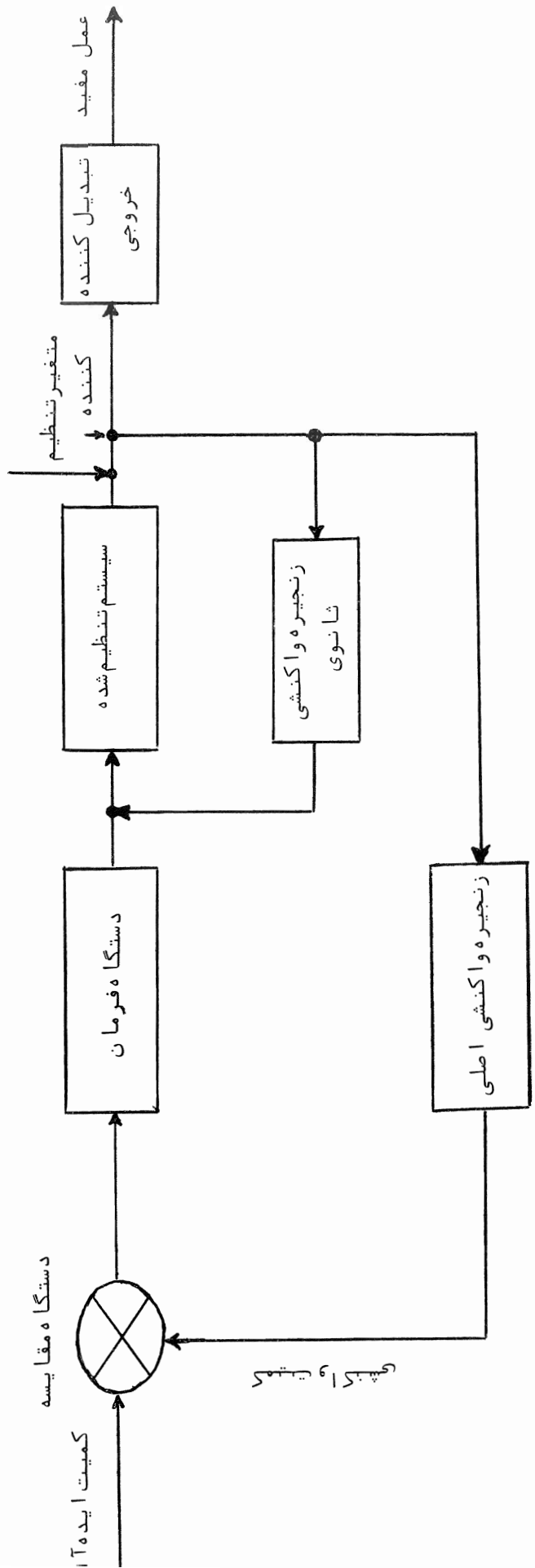
ـ درمرحله دوم باعث افزایش فشار می‌گرددکه مصرف بیشتر انرژی را موجب می‌شود .

درقسمت دوم روش های مختلف فرمان خودکار ،که اساسا "برای اصلاح راندمان وکاهش مخزن می‌باشد ،موردمطالعه قرارگرفته وچگونگی تکمیل متدها ودستگاهها موردبحث قرار خواهدگرفت .

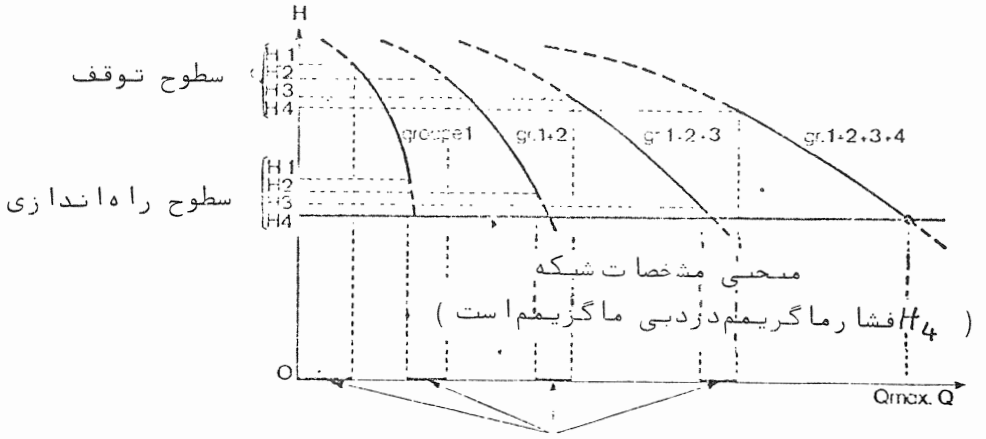
1- Automation (autnmatisation)
2- Starting (enclenchement)
3- Sprinkler irrigation (irrigationpar aspersion)
4- Drip irrigation (irrigation goutte à goutte)
5- Command automatic (automatique commande)
6- feed back (asservi)
7- F.B. (asservissement)
8- Cause (cause)
9- Translator (Tra ducteur)
10- effect (effet)
11- Comparator (Comparateur)
12- Regulator (Regulateur)
13- Response time (Temps de reponse)
14- Discharge head (hauteur de Refoulment)
15- (Hydropneumatique)
16- Level detector (detecteur de niveau)
17- Discharge deficiency (Délut déficitaire)
18- Temporization (Temporisation)
19- (Permutation)
20- (Hydrophore=hydropneumatique)
21- Command with level (commande par niveau)

فهرست منابع :

M . KESTER
Ingénieur de 1'Institut Electrotechnique
de Grenoble . France . Terres et eaux.
Revue Internationale de 1'Hydraueique , NO . 59

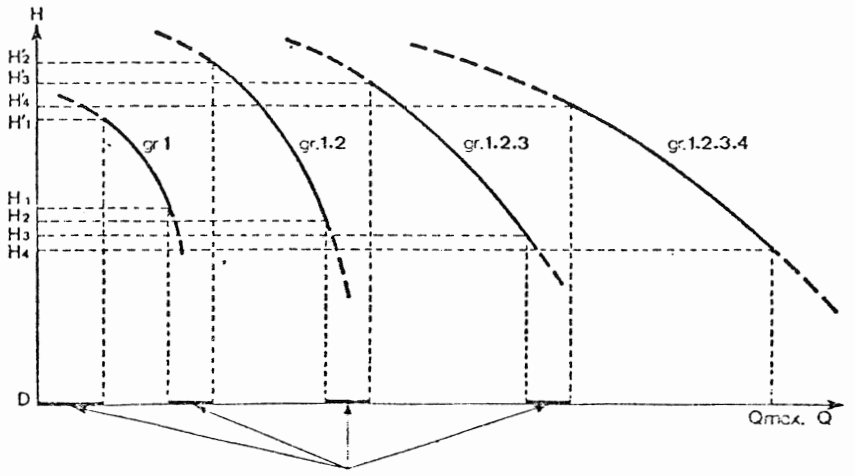

عمل مفید
تبدیل کننده خروجی
متغیر تنظیم کننده
اختلالات
سیستم تنظیم شده
زنجیره واکنشی ثانوی
دستگاه فرمان
زنجیره واکنشی اصلی
دستگاه مقایسه
کمیت ایده آل
فیدبک

شکل ۱



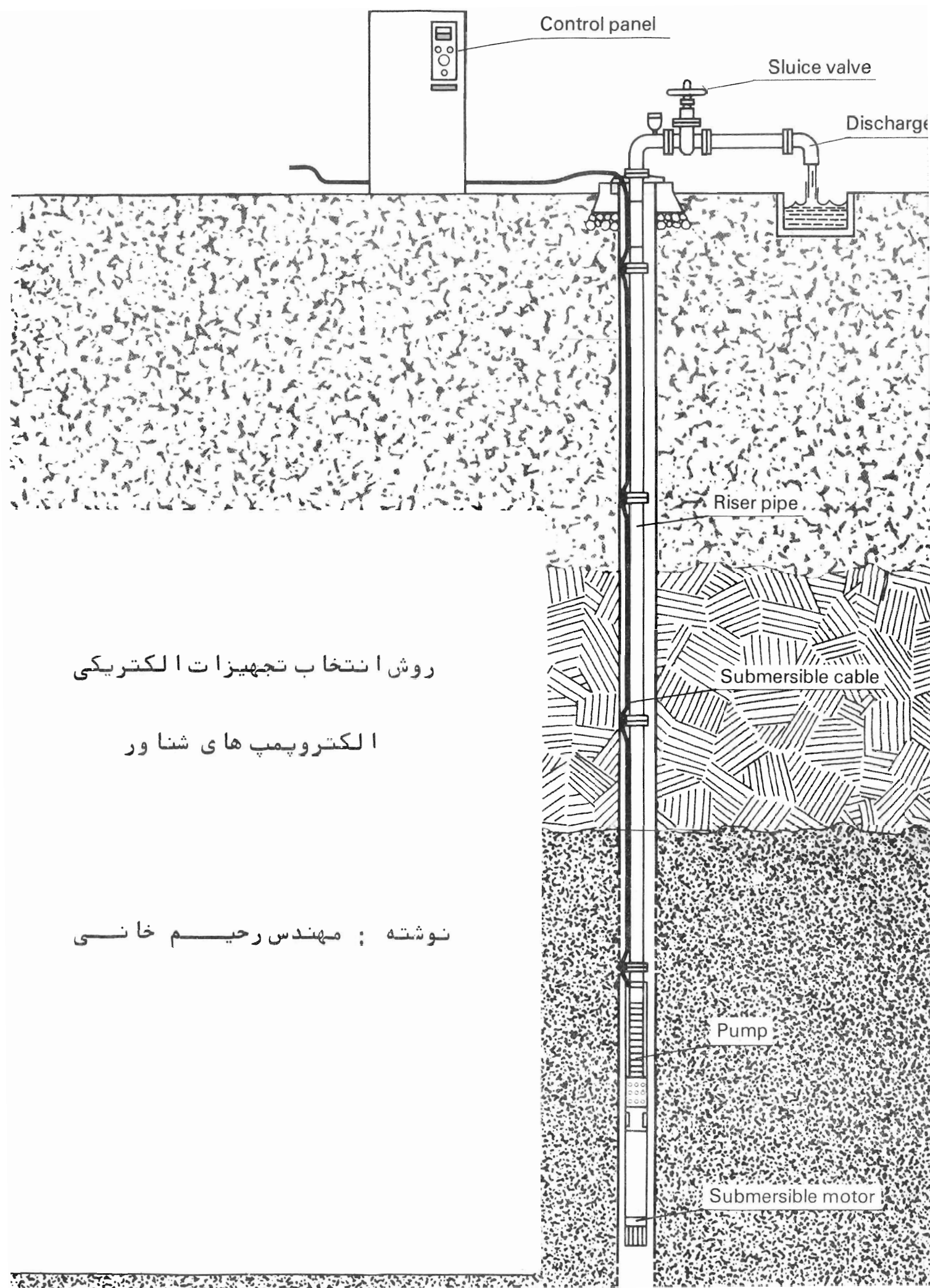
مناطق کوبش : اولین گروه بطور دائم نقش گروه تنظیم را بازی میکند .

شکل ۲ـ فرمان توسط سطوح مختلف



مناطق کوبش : آخرین گروه که شروع به کار می‌کند ، نقش گروه تنظیم را بازی می‌کند .

شکل ۳ـ فرمان توسط سطوح مختلف



روش انتخاب تجهیزات الکتریکی

الکتروپمپ های شناور

نوشته : مهندس رحیم خانی

چکیده :

در این مقاله بحث قبلی خود را در مورد انتخاب تجهیزات الکتریکی لازم جهت نصب و راه اندازی و حفاظت الکتروپمپ های شناور ادامه می دهیم . این مبحث کلا "جنبه عملی دارد و با استفاده از جداول تهیه شده می توان تجهیزات مورد نظر را انتخاب کرد .

۱- مشخصات الکتریکی الکتروموتورهای شناور :

تمام الکتروموتورهای شناور ساخت شرکت صنایع پمپ سازی ایران برای ولتاژ سه فاز ۳۸۰ ولت ۵۰ هرتس ساخته شده اند . الکتروموتورهای تیپ 6E به روش اتصال مستقیم و بقیه الکتروموتورها به روش ستاره - مثلث قابل راه اندازی هستند . مجددا " تیپ و حریان نامی الکتروموتورها در جدول شماره ۲ داده شده است .

سایر مشخصات الکتریکی مورد لزوم را می توان از جدول شماره ۱ نشریه شماره ۱ پیدا کرد .

۲- کابل :

وسیله رساندن انرژی الکتریکی از تابلو به الکتروموتورها ، کابل می باشد . کابلها براساس نوع عایق ، تعداد رشته سیم ، سطح مقطع هادی ، نوع هادی و ولتاژ کار شناسائی می شوند .

برای نصب الکتروپمپهای شناور می توان از کابلهای PVC با ولتاژ کار ۵۰۰ ولت استفاده کرد . در موقع نصب باید توجه شود که کابل PVC تحت هیچگونه فشار کششی و ضربه مکانیکی و بریدگی قرار نگیرد .

در انتخاب سطح مقطع کابل سه مساله زیر را در نظر می گیریم :

۱- حداقل افت ولت مجاز ایجاد کند .

۲- بدون اینکه بیش از اندازه مجاز گرم شود جریان الکتروموتور را تحمل نماید .

۳- از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد .

با فرمولهای زیر می توان مقدار دقیق درصد افت ولت کابل را محاسبه کرد

۱- اتصال مستقیم $DU = \frac{3.1 \times L \times I \times \cos fi}{V \times A}$ %

۲- اتصال ستاره - مثلث $DU = \frac{2.1 \times L \times I \times \cos fi}{V \times A}$ %

۳- مقدار قدرت تلف شده $P_p = \frac{DU}{\cos^2 fi}$ %

در فرمولهای مذکور :

DU = افت ولت

L = طول کابل از تابلو تا الکتروموتور - متر

I = جریان الکتروموتور - آمپر

سطح مقطع کابل - میلی مترمربع = A

ولتاژ خط - ۳۸۰ ولت = V

ضریب قدرت در بار کامل = Cosfi

با فرض ۳% افت ولت در کابل و با معلوم بودن جریان الکتروموتور (از جدول شماره ۱و۲) وطول کابل از تابلو تا الکتروموتور می توان از جداول شماره ۳و۴ سطح مقطع مناسب کابل را انتخاب کرد.

جدول شماره ۳ برای الکتروموتورها با روش اتصال مستقیم (GE) وجدول شماره ۴ برای الکتروموتورها با روش ستاره - مثلث (9A,7A) تهیه شده است.

ستون عمودی جدول ها برحسب جریان الکتروموتور وستون افقی برحسب طول کابل تقسیم بندی شده است. سطح مقطع کابل انتخاب شده حداکثر تا درجه حرارت محیط ۲۵ درجه سانتیگراد اعتبار دارد. با ردهی کابل با افزایش درجه حرارت محیط متناسب با ضرایب زیر کاهش می یابد.

درجه حرارت محیط - سانتیگراد	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
% ضریب کاهش باردهی کابل	۹۲	۸۵	۷۵	۶۵

۳- کلید قطع ووصل :

قطع ووصل برق الکتروموتور توسط کلید مناسب انجام می گیرد. چون وسائل حفاظتی ازجمله کنترل کننده سطح آب ، بیمتال ورله افت ولت مورد مصرف خواهد بود لذا هرنوع کلید بکار رفته باید قابل قطع ووصل با فرمان از دور باشد برای این کار از کنتاکتورهای مناسبی استفاده می شود.

درمحل هائی که امکان نفوذ گرد وخاک ورطوبت هوا به داخل کلید وجود دارد بهتر است بجای کلیدهای خشک هوائی از کلیدهای روغنی استفاده شود. اغلب کلیدهای روغنی به رله بیمتال مجهز هستند. درموقع انتخاب کلید باید سه مساله زیر مورد نظر باشد.

۱- ولتاژ نامی کنتاکتور- حداقل باید ۳۸۰ ولت باشد.

۲- جریان موتوری یا قدرت کلید که برابر و یا بیشتر از قدرت الکتروموتور باشد.

۳- عمر کلید که برحسب تعداد قطعات قطع ووصل مشخص می شود.

۴- رله حرارتی (بیمتال) :

برای حفاظت الکتروموتور وسایر تجهیزات الکتریکی درمقابل اضافه بار از وسیله ای

به اسم بیمتال استفاده می‌شود ،جریانی که الکتروموتور از شبکه می‌گیرد از داخل بیمتال نیز عبور می‌کند ،چون بیمتال روی جریان کار موتور تنظیم شده است لذا در صورتیکه جریان الکتروموتور به هر علت از جریان کار آن بیشتر شود بیمتال عمل کرده و باعث قطع برق کنتاکتور می‌شود .

جریان بیمتال باید دقیقا "روی آمپری تنظیم شود که الکتروپمپ بعد از نصب و در شرایط کار عادی از شبکه می‌گیرد در الکتروپمپ های به روش اتصال مستقیم مقدار آمپر الکتروموتور و بیمتال برابر است ولی در الکتروموتورهای با روش اتصال ستاره- مثلث مقدار جریان بیمتال به نسبت $\frac{1}{1/73}$ کمتر از مقدار جریان الکتروموتور هست لذا در موقع تنظیم ،جریان الکتروموتور را به ۱/۷۳ تقسیم کرده و جریان بیمتال را روی عدد بدست آمده تنظیم می‌کنیم . باید توجه شود که جریانی که الکتروپمپ از شبکه می‌گیرد حتما" کمتر و یا برابر جریان نامی الکتروموتور هست .

۵- فیوز :

وسیله ایست که تجهیزات الکتریکی را در مقابل اتصال کوتاه حفاظت کرده و از به وجود آمدن آتش سوزی و خسارات جانی و مالی جلوگیری می‌نماید .

در انتخاب فیوز جریان نامی الکتروموتور و طرز راه اندازی آن مورد نظر است .در جدول شماره ۲ فیوز مناسب هر الکتروموتور داده شده است . لازم به یادآوری است که فیوزها از نوع کندکار و یا فیوز موتوری هستند .

۶- کنترل کننده سطح آب :

الکتروپمپ های شناور مجاز نیستند بدون آب کار کنند .لذا موقعیکه سطح آب چاه بیش از اندازه پائین می‌آید باید الکتروپمپ خاموش شود .وسیله انجام این عمل دستگاه کنترل کننده سطح مایع است .بطور کلی این دستگاه شامل یک رله که در تابلو نصب می‌شود و یک یا دو الکترود است که الکترودها در موقع نصب در بالای پمپ بسته می‌شوند . عمل الکترودها توسط کابل مناسب به رله منتقل می‌شود .موقعیکه سطح آب از الکترود پائین تر می‌رود رله به کنتاکتور فرمان داده و سبب قطع شدن الکتروپمپ می‌شود .

۷- رله افت ولتاژ :

درصورتیکه ولتاژ الکتروموتور از پنج درصد ولتاژ نامی آن کاهش یابد باعث گرم شدن و در نهایت سوختن سیم پیچی الکتروموتور می‌شود .برای حفاظت الکتروموتور در مقابل این مساله از دستگاهی به نام رله افت ولت استفاده می‌کنیم .طرز اتصال رله بدینصورت است که سه فاز شبکه به رله وصل و از یک کنتاکت آن برای مدار فرمان کنتاکتور

اصلی استفاده می‌کنیم .

به محض کاهش ولتاژ شبکه از مقدار ولتاژ تنظیم شده ، این دستگاه عمل کرده و کنتاکتور الکتروموتور را قطع می‌کند .

مثال ۱:

برای الکتروپمپ تیپ 6E73/2 اندازه کابل ، فیوز و کلید را انتخاب کنید .

طول کابل از الکتروپمپ تا تابلو را ۱۰۰ متر فرض نمائید .

حل :

با استفاده از جدول ۲ جریان الکتروموتور ۱۷ آمپر ، فیوز مناسب کندکار ۳۵ آمپر و کلید ۷/۵ کیلوواتی را انتخاب می‌کنیم . توجه شود نوع اتصال به شبکه در این الکتروموتور اتصال مستقیم است .

جهت بدست آوردن سطح مقطع کابل به جدول شماره ۳ مراجعه می‌کنیم . برای جریان ۱۷ آمپر و طول ۱۰۰ متر یک کابل سه سیمه به مقطع ۴ میلیمتر مربع بدست می‌آوریم - کابل $3\times4\ mm^2$

مثال ۲:

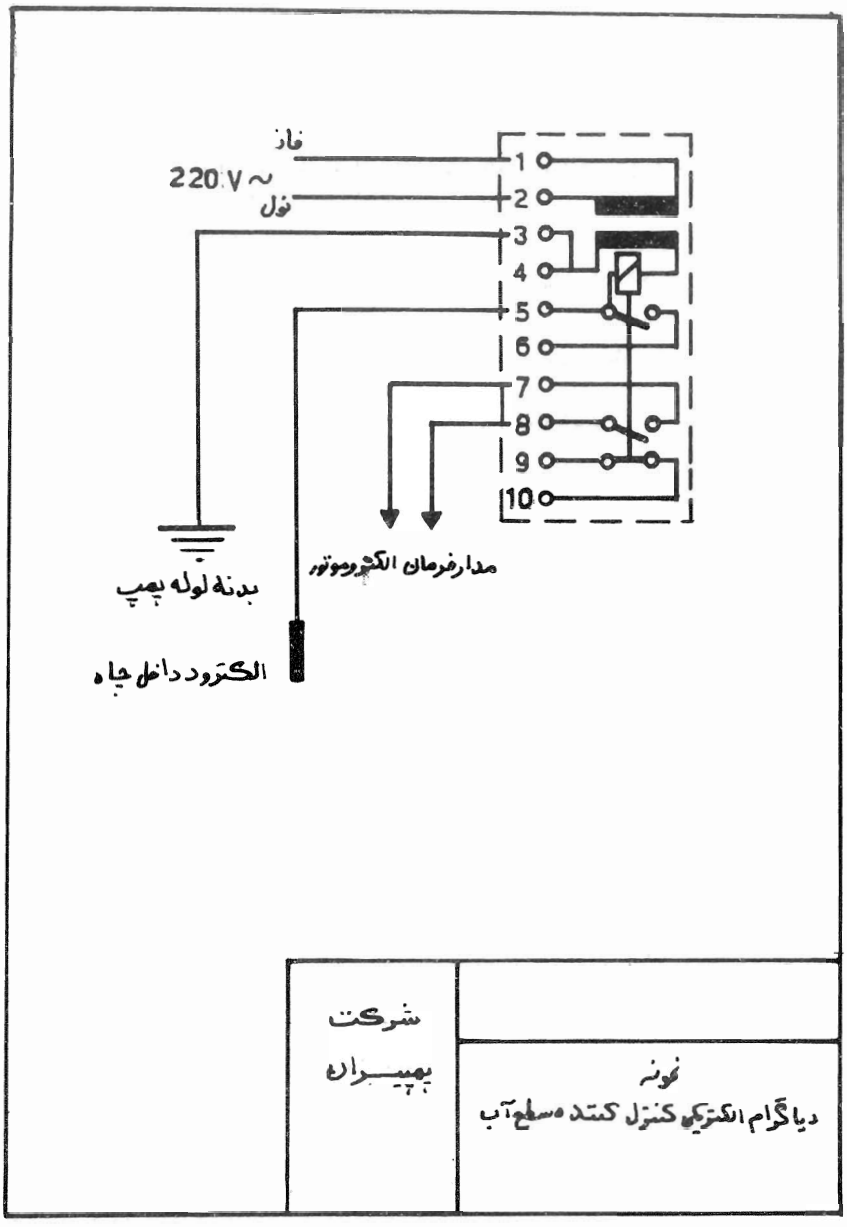
برای الکتروپمپ تیپ 9A553/2 اندازه کابل ، فیوز ، کلید را انتخاب کنید :

طول کابل از الکتروموتور تا تابلو ۲۰۰ متر فرض شود .

حل :

مطابق جدول ۲ جریان الکتروموتور ۱۱۵ آمپر و فیوز مناسب فیوزکندکار ۱۶۰ آمپری و کنتاکتور ۶۰ کیلوواتی را انتخاب می‌کنیم نوع اتصال به شبکه در این الکتروموتور ستاره- مثلث است . لذا کلید ستاره- مثلث ۶۰ کیلوواتی خواهد بود . به تنظیم بیمتال طبق گفته های قبلی توجه شود .

مطابق جدول شماره ۴ برای جریان ۱۱۵ آمپر و طول ۲۰۰ متر و اتصال ستاره- مثلث دو کابل سه سیمه ۵۰ میلی‌متر مربع انتخاب می‌کنیم $3\times50\ mm^2$ دو کابل



فهرست منابع :

1-SCHANS "SUBMERSIBLE PUMPS" KSB PUBLICATION R3300 ,OIE ,1980

2-BBC PUBLICATION NO.DNG 331681 E ,1982

3-SIEMENS "ELECTRICAL HAND BOOK" ,1980

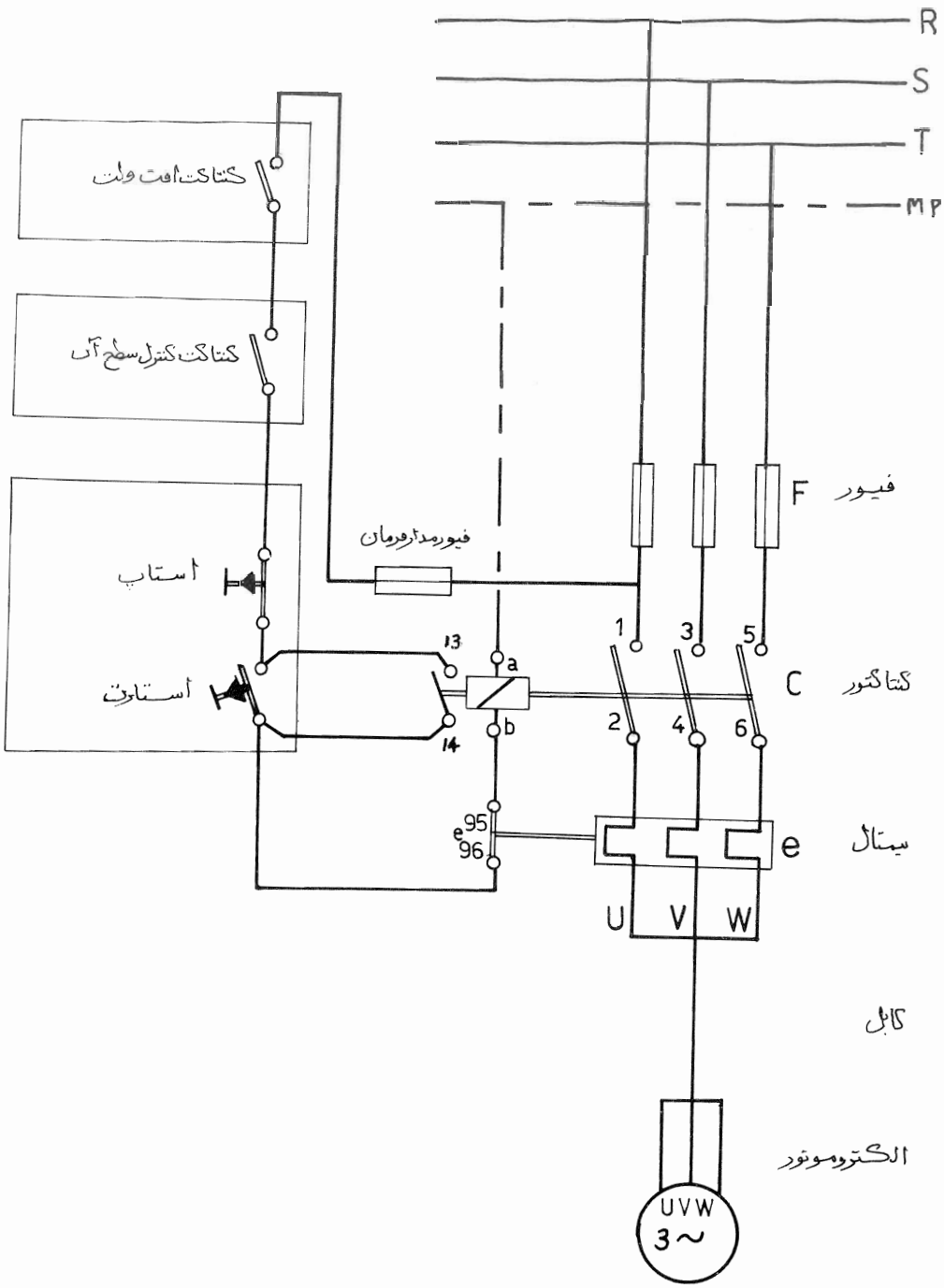
ردیف	تیپ الکتروموتور	جریان الکتروموتور A	فیوز مناسب A	حداقل ظرفیت کلید KW	روش اتصال کلید
۱	۶E۳۳/۲	۸/۸	۲۰	۴	اتصال مستقیم
۲	۶E۵۳/۲	۱۳	۲۵	۵/۵	
۳	۶E۷۳/۲	۱۷	۳۵	۷/۵	
۴	۷A۹۳/۲	۲۰	۲۵	۱۰	اتصال ستاره-مثلث
۵	۷A۱۱۳/۲	۲۴	۳۵	۱۲	
۶	۷A۱۳۳/۲	۲۸	۳۵	۱۴	
۷	۷A۱۵۳/۲	۳۲	۵۰	۱۶	
۸	۷A۱۸۳/۲	۴۰	۵۰	۲۰	
۹	۷A۲۲۳/۲	۴۷	۶۳	۲۴	
۱۰	۹A۳۰۳/۲	۶۵	۸۰	۳۳	
۱۱	۹A۳۷۳/۲	۸۰	۱۰۰	۴۰	
۱۲	۹A۴۵۳/۲	۹۶	۱۲۵	۵۰	
۱۳	۹A۵۵۳/۲	۱۱۵	۱۶۰	۶۰	
۱۴	۹A۶۲۳/۲	۱۳۲	۱۶۰	۶۵	
۱۵	۹A۷۳۳/۲	۱۵۰	۲۰۰	۷۵	

جدول ۲

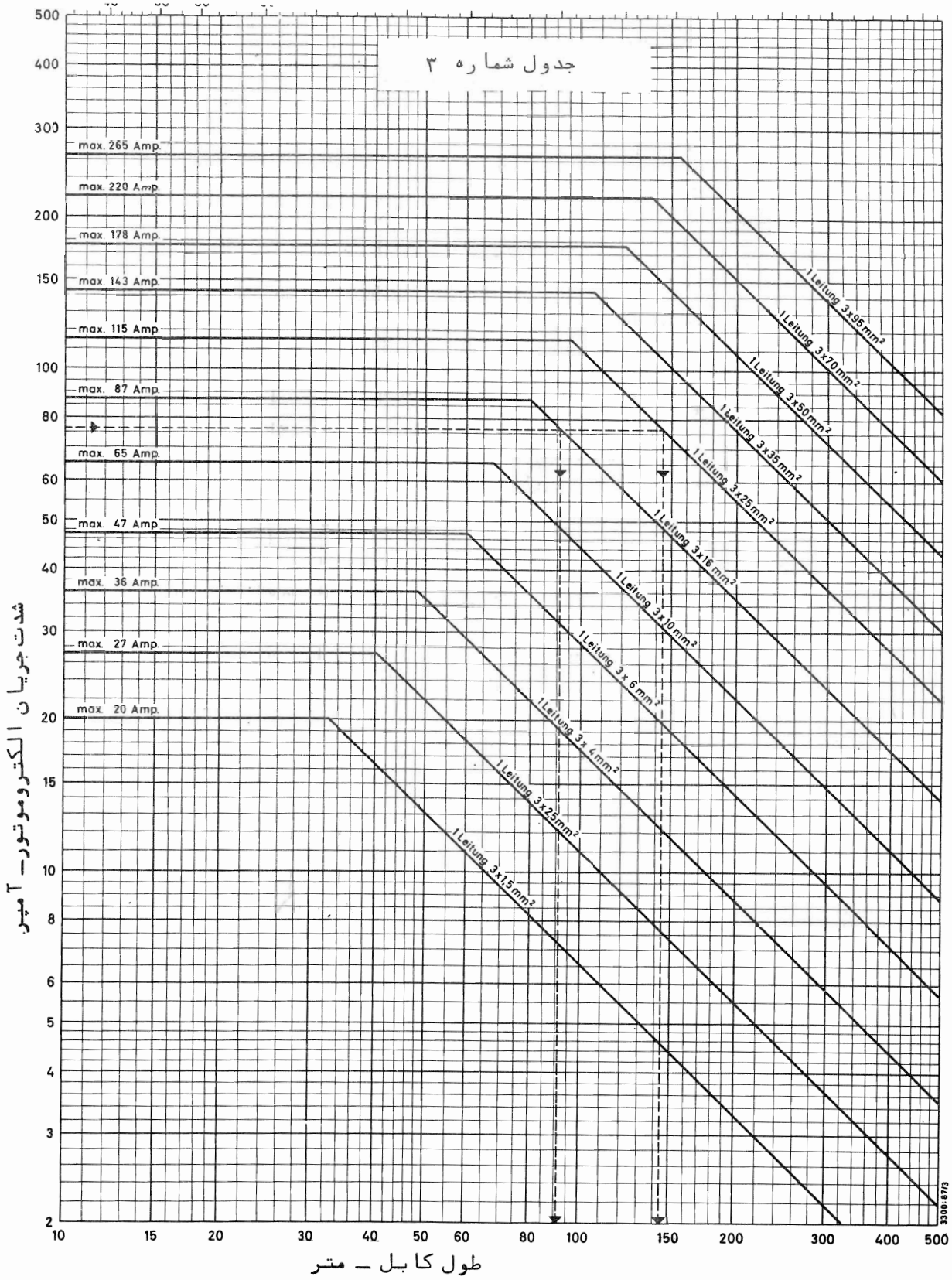
جدول ۱

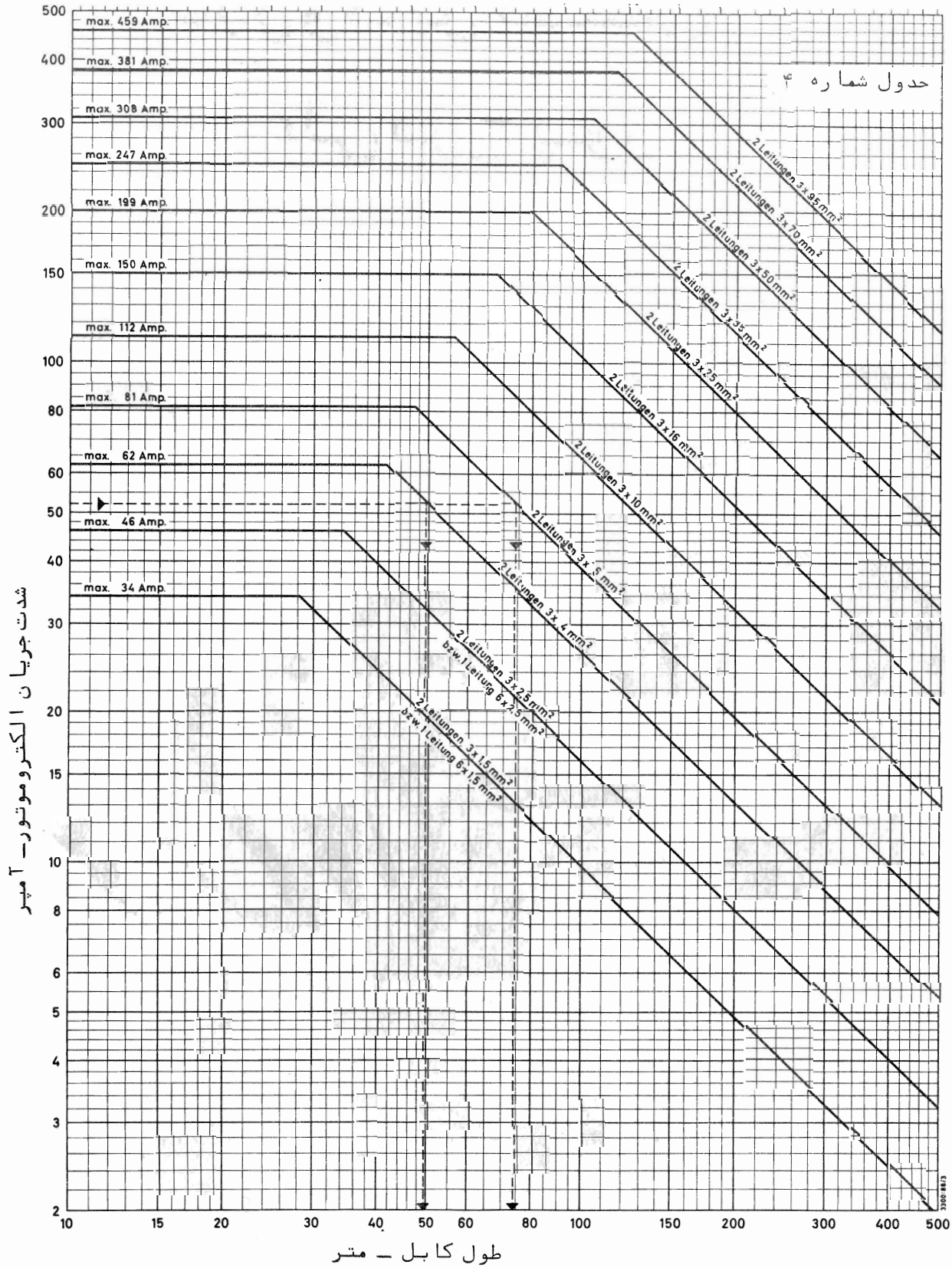
مشخصات الکتریکی الکتروموتورهای شناور ساخت شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

تیپ الکتروموتور	6E			7A						9A					
	۳۳/۲	۵۳/۲	۷۳/۲	۹۳/۲	۱۱۳/۲	۱۳۳/۲	۱۵۳/۲	۱۸۳/۲	۲۲۳/۲	۳۰۳/۲	۳۷۳/۲	۴۵۴/۲	۵۵۳/۲	۶۱۰۳/۲	۷۳۳/۲
قدرت (کیلو وات)	۳/۷	۵/۵	۷/۵	۹/۲	۱۱	۱۳	۱۵	۱۸/۵	۲۲	۳۰	۳۷	۴۵/۵	۵۵	۶۲/۵	۷۳/۵
دور در دقیقه	۲۸۴۰	۲۸۶۰	۲۸۳۰	۲۸۷۰	۲۸۶۵	۲۸۶۰	۲۸۶۵	۲۸۷۰	۲۸۶۰	۲۹۰۰	۲۹۱۰	۲۹۱۰	۲۹۰۵	۲۹۰۵	۲۹۰۵
$\eta_{4/4}$ بار	۷۴	۷۷	۷۹	۸۲	۸۳/۵	۸۳/۵	۸۵	۸۵	۸۵/۵	۸۴/۵	۸۶	۸۷	۸۷/۵	۸۷/۵	۸۷/۵
$\eta_{3/4}$ بار % ضریب بهره	۷۵	۷۸	۸۰	۸۲/۵	۸۴	۸۴	۸۵/۵	۸۶	۸۶/۵	۸۴	۸۵/۵	۸۶/۵	۸۷	۸۷	۸۶/۵
$\eta_{2/4}$ بار	۷۳	۷۵	۷۹	۸۱	۸۲/۵	۸۲/۵	۸۴	۸۴/۵	۸۵/۵	۸۰/۵	۸۳	۸۴	۸۴/۵	۸۵	۸۵/۵
$\cos\varphi_{4/4}$ بار	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۲۵	۰/۸۲۵	۰/۸۳۵	۰/۸۲۵	۰/۸۲۵
$\cos\varphi_{3/4}$ بار ضریب قدرت	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۸	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۶
$\cos\varphi_{2/4}$ بار	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۷۰	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۷	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۶۵
(آمپر) جریان نامی در ۳۸۰ ولت	۸/۸	۱۳	۱۷	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۴۰	۴۷	۶۵	۸۰	۹۶	۱۱۵	۱۳۲	۱۵۵
اتصال مستقیم	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۶/۵	۶/۵	۶/۵	۶/۸	۶/۸	۶/۸
اتوترانسفو % ۷۰ $\frac{\text{جریان راه‌اندازی}}{\text{جریان نامی}}$	۲/۸	۲/۸	۲/۸	۲/۸	۲/۸	۲/۸	۲/۸	۲/۸	۲/۸	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۴	۳/۴	۳/۴
ستاره ـ مثلث	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۸۱/۸	۱/۸	۱/۸	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۳	۲/۳	۲/۳
حداکثر افت ولت مجاز	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %	۵ %
فاصله زمانی دولتارت	۴'	۴'	۴'	۴'	۴'	۴'	۴'	۴'	۴'	۴'	۴'	۴'	۴'	۴'	۴'
حداکثر درجه حرارت آب	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۲۵	۲۵	۲۰	۲۰



شرکت پمپیران		
	دیاگرام مدار قدرت و کنترل الکتروموتور	


جدول شماره ۳
max. 265 Amp.
max. 220 Amp.
max. 178 Amp.
max. 143 Amp.
max. 115 Amp.
max. 87 Amp.
max. 65 Amp.
max. 47 Amp.
max. 36 Amp.
max. 27 Amp.
max. 20 Amp.
1 Leitung 3x95 mm²
1 Leitung 3x70 mm²
1 Leitung 3x50 mm²
1 Leitung 3x35 mm²
1 Leitung 3x25 mm²
1 Leitung 3x16 mm²
1 Leitung 3x10 mm²
1 Leitung 3x 6 mm²
1 Leitung 3x 4 mm²
1 Leitung 3x2,5 mm²
1 Leitung 3x1,5 mm²
3300: 67/3
شدت جریان الکتروموتور ـ آمپر
طول کابل ـ متر


حدول شماره ۴
max. 459 Amp.
max. 381 Amp.
max. 308 Amp.
max. 247 Amp.
max. 199 Amp.
max. 150 Amp.
max. 112 Amp.
max. 81 Amp.
max. 62 Amp.
max. 46 Amp.
max. 34 Amp.
2 Leitungen 3 x 95 mm²
2 Leitungen 3 x 70 mm²
2 Leitungen 3 x 50 mm²
2 Leitungen 3 x 35 mm²
2 Leitungen 3 x 25 mm²
2 Leitungen 3 x 16 mm²
2 Leitungen 3 x 10 mm²
2 Leitungen 3 x 6 mm²
2 Leitungen 3 x 4 mm²
2 Leitungen 3 x 2,5 mm²
bzw. 1 Leitung 6 x 2,5 mm²
2 Leitungen 3 x 1,5 mm²
bzw. 1 Leitung 6 x 1,5 mm²
شدت جریان الکتروموتور ـ آمپر
طول کابل ـ متر
500
400
300
200
150
100
80
60
50
40
30
20
15
10
8
6
5
4
3
2
10
15
20
30
40
50
60
80
100
150
200
300
400
500

کابل و کابل کشی ۱

علی فرح پور

چکیده :

این سری مقالات درجهت بیان اطلاعات تکمیلی درموردکابلها ،ساختمان واجزاء کابلهای قدرت ،انواع عایق ها ،کابل کشی ،مفصل بندی کابلها با روش عملی وتجربی بنگارش درآمده وتا حدالامکان به ذکرمباحث ضروری فنی می‌پردازد .

مقدمه :

نوشتار حاضربرای کارگران فنی حرفه برق به‌پیشنهاد دوست فاضل آقای مهندس علی تهامی مدیرنشریه پمپ تهیه وتنظیم شده امیداست کارگران کارخانجات صنعتی کشور ونیزدانش آموزان هنرستانها بتوانندازآن بهره مندشوند .

بنده درخلال خدمت چندین ساله خودوضمن تماس وگفتگوباکارگران رشته برق به‌این موضوع مهم پی بردم که آنان به‌حزوه‌ای عملی وعلمی که ازکابلها ومفصل بندی بطورکلی ازالکتریسیته صنعتی بزبان ساده فارسی سخن بگویددردسترس ندارند ،دراین جهت آقای مهندس محمدعلی تمنا حزوات چاپ نشده‌ای داشتندکه موردا ستفاده قرارگرفت‌و مطالبی برآنها افزوده گشت بدیهی است مسئولیت لغزشهای احتمالی بعهده اینجانب خواهدبود .

امروزه کابلهای توزیع انرژی الکتریکی بعلت پیشرفت درتکنیک وساخت ، بر سیستم خطوط هوائی پیشی جسته است ،باتوجه به‌شکل ۱ واینکه سیستم خطوط هوائی در مراکزشهرها جلوه مطلوبی ندارد کاربردکابلهای توزیع انرژی الکتریکی بیشترآشکار می‌گردد .

اولین کابل قدرتی که ساخته شد متشکل ازدوقسمت بود ،سیم مسی لخت که لوله فولادی پرشده ازعایق آنرا دربرمی‌گرفت ،این نخستین قدم درساختن کابل بودکه بعدها بدست پژوهشگران ،سیرتکاملی خودرادنبال کرد .

کابلهای قدرت که امروزه ساخته می‌شوندبا هادی های آغشته به‌عایق کاغذی که آنرا غلاف سربی یا آلومینیومی می‌پوشاندعرضه می‌گردد .

کابلهای قدرت الکتریکی شامل سه قسمت اساسی است :

هادی های حامل جریان الکتریکی ،عایق وغلاف وپوشش حفاظتی

هادی ها یا (هسته) نقش انتقال جریان الکتریکی ازنقطه‌ای به‌نقطه‌دیگررا بازی می‌کنندوازمس یا آلومنیوم ساخته می‌شوند .کابلها برحسب نیازتک هسته‌ای (تک سیمه)،

دوهسته‌ای ،سه‌هسته‌ای ویا چهار رهسته‌ای ساخته می‌شوند .

کابلها با سطح مقطع های زیربر استاندارد شده‌اند :

۱/۵،۲/۵،۴،۶،۱۰،۱۶،۲۵،۳۵،۵۰،۷۰،۹۵،۱۲۰،۱۵۰ (میلی مترمربع) ۱۰۰۰،۸۰۰،۶۲۵،۵۰۰،

۱۸۵،۲۴۰،۳۰۰،۴۰۰ ،

کابلهای قدرت چهار رهسته (چهار رسیمه) برای ولتاژهای ضعیف تا ۱۰۰۰ ولت ساخته می‌شوندکه اندازه سطح مقطع سه‌تای نهایکسان (برابر) وسطح مقطع چهارمی تقریبا" نصف هرکدام از آنهاست .درکابلهای قدرت پوشش عایق اصلی شامل کاغذآغشته ومواد مرکب مخصوص زیرین با درجه‌عالی غیرحلال درروغن های کافی تشکیل میگردد .دردنبال آن غلاف حفاظتی غیرقابل نفوذ از سرب یا کابل ها را درمقابل رطوبت محیط خارجی حفاظت میکندبرای حفاظت در مقابل ضربه‌های مکانیکی کابل ها را ممکن است با دوار های (روکش) فولادی مسلح کرد .

درمقابل اثرات شیمیائی برغلاف های سربی با بکاربردن نوارکاغذی ، کنف یا نخ آغشته به قیر محافظت میشوند .

درجه‌بندی وساختمان کابلهای قدرت

موارداستعمال وروشهای کابل گذاری . حمل ونقل .

درجه‌بندی اغلب کابلهاکه استعمال فراوانی دارنددرتابلوزیرآورده‌شده‌است .کاربرد کابلهای مختلف به‌میزان عایق بودن آنها ،غلاف حفاظتی وپوشش حفاظتی خارجی (بیرونی) دارد .بنابراین کابلهای مسی با غلاف سربی رانمی‌توان درمحل هائیکه ضربات مکانیکی زیادواردمی‌شودقرارداد .

درجه‌بندی طرحهای کابلهای قدرت ومشخصات

نوع کابل	نوع طرح
۱ـ کابل غلاف سربی با عایق کاغذوهادی مسی ،حفاظت شده توسط پوشش کاغذوکنف آغشته به قیر .	SA
۲ـ نظیرفوق ،بعلاوه مسلح (زره)به‌دونوارفولادی نرم‌که‌باپوشش خارجی کنف آغشته یا نخ تهیه می‌شود .	SB

نوع کابل	نوع طرح
۳ـ نظیرشماره ۲ اما بدون پوشش خارجی .	SBG
مانند (SB) مسلح به سیم‌های فولادی تخت .	SP
مانند (SP) مسلح به سیم‌های فولادی گرد .	SK
مانند (SB) لیکن با غلاف آلومینیومی .	AB
مانند (AB) اما با هادی های آلومینیومی.	AAB
نظیر (SB) لیکن تهیه شده با هادی حداگانه وغلاف سربی	OSB

کابلهای مسلح شده بدون حفاظت خارجی وپوشش کنف آغشته را نباید در محیطی که امکان زنگ زدگی وجود دارد نصب کرد .کابلهای مسلح به نوار را در مواردی که غلافهای آن ممکن است بعد از نصب کابل تحت تنش های کششی قرار گیرد نباید قرار داد .بسته به نوع کابل ها میتوان آنها را در زمین یا کانال ویا در دیوار وسقف ودر داخل ساختمان ویا بیرون نصب کرد .

موارد استعمال کابلها مطابق نوع نصب وخصوصیاتی که دارا میباشند مطابق زیر است :

نوع کابل بکار رفته	خصوصیات محیطی وشرایط مورد استفاده	موارد نصب
SB , OSB	کابل تحت نیروهای کششی نیست	درگودال زمین
SP	به کابل نیروهای کششی قابل توجه وارد می‌شود .	
SB , SP	رودخانه‌های غیرقابل کشتیرانی ،کانالها ودریاچه‌ها	ـ درزیرآب
SK , SP	رودخانه‌های قابل کشتیرانی ،کانالها ودریاچه‌ها	
SBG , SPG	درمحیط شرایط حوی نرمال	کانالها ،تونلها ،روی دیوار و ماشینها

کابل گذاری درزیرخاک یا کانال ـ تعیین مسیرکابل:

کابل گذاری درزیرخاک با کندن گودال بطوروسیع معمول است وباصرفه ترین روش کابل کشی تابه امروزبوده است .دیواره های کانال را معمولا"بتونی یا با آجر می سازندوعمق کانال را بیشتراز ۵۰ سانتی‌متردرنظرمی‌گیرند .کابل ها را درکانال طوری قرارمی‌دهندومحکم می‌کنندکه تعویض آن بدون اشکال صورت گیردکابلهای مجاور بایدازهم ۷ الی ۱۰ سانتی‌مترفاصله داشته باشند .

بسترکابل ،شن یا خاک ، آجر:

درموقع کابل کشی نبایدشعاع پیچش از ۱۵ برابرقطرکابل برای کابلهای سه قطبه واز ۲۵ برابرقطرکابل برای کابلهای تک قطبه باشدبرای اتصال یک کابل تحت ولتاژنامی 10 KV بایستی روزنه‌ای(حفره‌ای) بعرض ۱/۵ متروبطول ۲/۵متر کنده شود . برای هراتصال اضافی کابل ،عرض روزنه بایدبه ۳/۵ متر افزایش یابدوجعبه های اتصال درطول مسیربایدازهمدیگرحداقل ۲ مترفاصله داشته باشنددرمسیرکابل کشی اگربه موانعی ازقبیل جاده ،خیابان وکانال آب برخوردکنیم ازلوله های فولادی‌ویابلوکهای سیمانی نسوزاستفاده می‌شود .

برای بسترکابل ها درته‌گودال بعمق ۱۰ سانتی مترخاک نرم‌یاشن درنظرگرفته می‌شود.

حمل ونقل کابل :

موقعی که‌بخواهندکابل رابه‌مکان کابل کشی حمل کنندازکامیون های مختلف استفاده می‌شود .برطبق مقررات ،قرقره‌کابلها رابایستی باریسمان سیمی به بدنه کامیون بست ،مناسبترین روش برای حمل قرقره‌استفاده‌ازکامیون مخصوص (DKB-3) ، است که‌مجهزبه‌تمام‌وسائل می‌باشد .امروزه‌بمنظورحمل ونقل قرقره‌های سنگین ازوسیله مدرنی که‌تریلر TK-5 است باظرفیت ۵ تن بهره‌برداری می‌کنند .

همیشه‌قرقره‌راقبل ازحمل به‌مقصدموردنیازبدقت بازرسی نمائیدچنانچه‌عیوبی مشاهده‌شدنسبت برفع آن اقدامات لازم‌راانجام‌دهید .

قرار دادن چرخ کابل :

چرخ کابل را هیچوقت نباید از روی ماشین (کامیون) کابل کشی به روی زمین پرت کرد و از ضربه دیدن و شکستن چرخ حدا "باید جلوگیری کرد. پس از سوار کردن چرخ (قرقره) کابل روی قرقره از دو پایه و محور فولادی جهت باز کردن کابل استفاده می‌شود. باید کابل را به جهت فلشی که روی قرقره (چرخ) کابل نوشته شد چرخانید.

معمولا" ابتدا و انتهای کابل را با E و A نمایش می‌دهند در انتهای کابل سیمها به ترتیب رنگهایشان در جهت گردش عقربه‌های ساعت قرار دارند. محور فولادی مرکز قرقره را با توجه به قطر و وزن ناخالص از روی جدول زیر محاسبه کنید :

قطر محور فولادی به میلی‌متر		وزن قرقره (چرخ) به کیلوگرم
۶۰	تا	۲۵۰۰/
۷۰	تا	۳۵۰۰/
۷۵	تا	۵۰۰۰/

در موقع کشیدن کابل که معمولا" با دست انجام می‌گیرد دستکش ایمنی فراموش نشود و باید توجه کرد که نیروی وزن کابل وارده به هر کارگر از ۳۵ کیلوگرم تجاوز نکند و نیز برای نوجوانان کمک کننده این نیرو نباید از ۲۵ کیلوگرم بیشتر باشد و قتی بتناسب کار کابل روی دوش حمل می‌شود باید دقت کرد که کابل شکم (برآمدگی) برندارد. هرگز کابل را ساقط نکنید در تمام لکابل گذاری باید خط مختص موحی باشد بطوریکه ۰/۵ تا ۱ درصد از طول حقیقی مسیر، کابل بیشتر باشد. این طول اضافی بخاطر تنشهای طولی است که بر حسب تغییرات فصول وقطع با راتفاق می‌افتد در محل هائیکه مفصل در نظر گرفته شد طول کابل در انتها ۱/۵ متر اضافه منظور می‌دارند، این اضافه طول برای لخت کردن کابل جهت اتصال ووصل کردن در جعبه اتصال (Jont) وهمچنین به منظور فراهم آوردن وضعیت لازم برای حلوگیری از توسعه تنشهای مکانیکی در گلوگاه است.

نشانه‌گذاری کابل ،علامت گذاری مسیر کابل ،تست کابل وپرگردن گودال :

قبل از اینکه روی کابل با خاک یا سرپوش پوشانده شود باید از مسیر کابل بازرسی دقیق بعمل آید و بعد از بازرسی مقاومت عایق کابل با مگری (Mgger) که ولتاژ ۵۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰ را دارا است تست می‌شود و نیز با ولتاژ یکسو شده که ۶ برابر ولتاژ نامی کابل می‌باشد کابل را آزمایش می‌نمایند این ولتاژ را می‌توان توسط یکسو کننده Kenotron

تامین کردوقتی که عمل تست وآزمایش کابل صورت گرفت علامت گذاری درمسیرکابل آغاز می‌گردد ،مسیرکابل را دردیواره‌های نزدیک آن ودرعیراینصورت با تابلوهای در فواصل مستقیم بفاصله ۱۰۰ مترمشخص می‌کنندونیزمحل مفصلها را علامت گذاری کرده و علامتها را طوری درمسیرقرار می‌دهندکه مانع عبور ومرورنشود .

رنگ عایق سیمهای کابل :

درکابلهای چندسیمه عایق سیمها به‌رنگهای مختلف ساخته شده‌اندتا بتوان در موقع بستن سرسیمها آنها را با استاندارد مشخص ومعین کرد .

۱ـ کابل پروتودور :

دوسیمه : تیره‌خاکستری ـ سیاه

سه‌سیمه : تیره‌خاکستری یا سیاه ـ قرمز ـ آبی

چهارسیمه : دودی کمرنگ ، سیاه ـ قرمز ـ آبی

پنج سیمه : دودی کمرنگ ـ سیاه ـ قرمز ـ آبی

۲ـ کابل با عایق کاغذی :

دوسیمه : قرمز ـ سیاه

سه‌سیمه : قرمز ـ سیاه ـ آبی

چهارسیمه : قرمز ـ سیاه ـ آبی ـ خاکستری کمرنگ

کابل گذاری درهوای سردویخبندان :

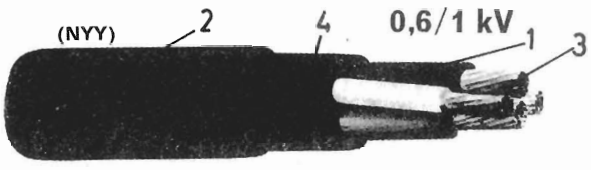
هرگاه بعدازکابل گذاری هوای مخیط دریک زمان کوتاه به‌پائین صفردرجه برسد کابل قبل ازقرارگرفتن دربستر (کانال) بایستی گرم‌شود . برای گرم‌کردن کابل (چرخ) تخته محیطی غلاف برداشته می‌شودوکابل را دراطاق گرم‌قرارداده ویا بوسیلهٔ دمیدن هوای گرم ،گرم می‌کنندمدت گرمادهی به‌کابل که درمکان گرم‌قرارگرفته وبا دستگاه گرمادادهمی‌شودبستگی به‌درجه‌حرارت محیط دارد .قرقره‌کابل را بایدحول محورلحظه به‌لحظه چرخاندتا حرارت یکسان به‌تمام‌قسمتها برسد .درجه‌حرارت محیط توسط میزان الحراره‌جیوه‌ای تعیین می‌شود ،وقتی کابل را با دستگاه گرم می‌کنیم بایستی کپسول آتش نشانی وشن دردسترس باشدکه درصورت بروزخادثه به‌اطفاء آتش پرداخت همچنین روش دیگرگرم‌کردن کابل استفاده ازجریان برق می‌باشد .

فهرست منابع :

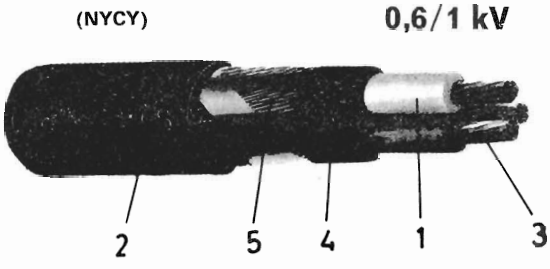
۱ ـ مهندس محمدعلی تمنا ـ مبانی شبکه‌های الکتریکی.

ادامه‌دارد.

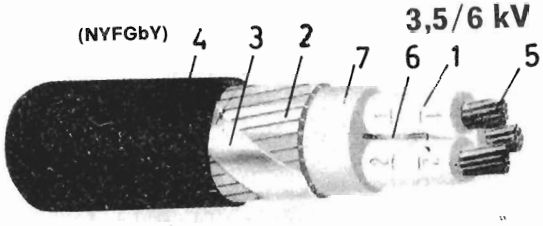
اجزاء وساختمان چندنوع کابل



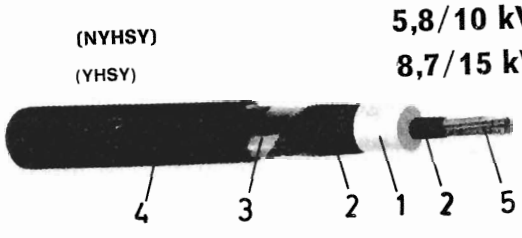
۱ـ عایق PVC سیم ۷
۲ـ عایق PVC پوشش کابل ۷
۳ـ سیم مسی
۴ـ نوار عایقی



۱ـ عایق PVC سیم ۷
۲ـ عایق PVC پوشش کابل ۷
۳ـ سیم مسی
۴ـ نوار عایقی
۵ـ حفاظ مشی یا سیم‌صفربا تسمه مارپیچی



۱ـ عایق PVC سیم ۷
۲ـ زره از سیم‌تخت فولادی F
۳ـ تسمه‌فولادی مارپیچی
نگهدارنده‌زره cb
۴ـ عایق پوشش کابل ۷
۵ـ سیم مسی
۶ـ پرکننده
۷ـ نوار کمربندی



۱ـ عایق PVC سیم ۷
۳ـ حفاظ هادی محدودکننده
حوزه H
۳ـ حفاظ ازتسمه مسی S

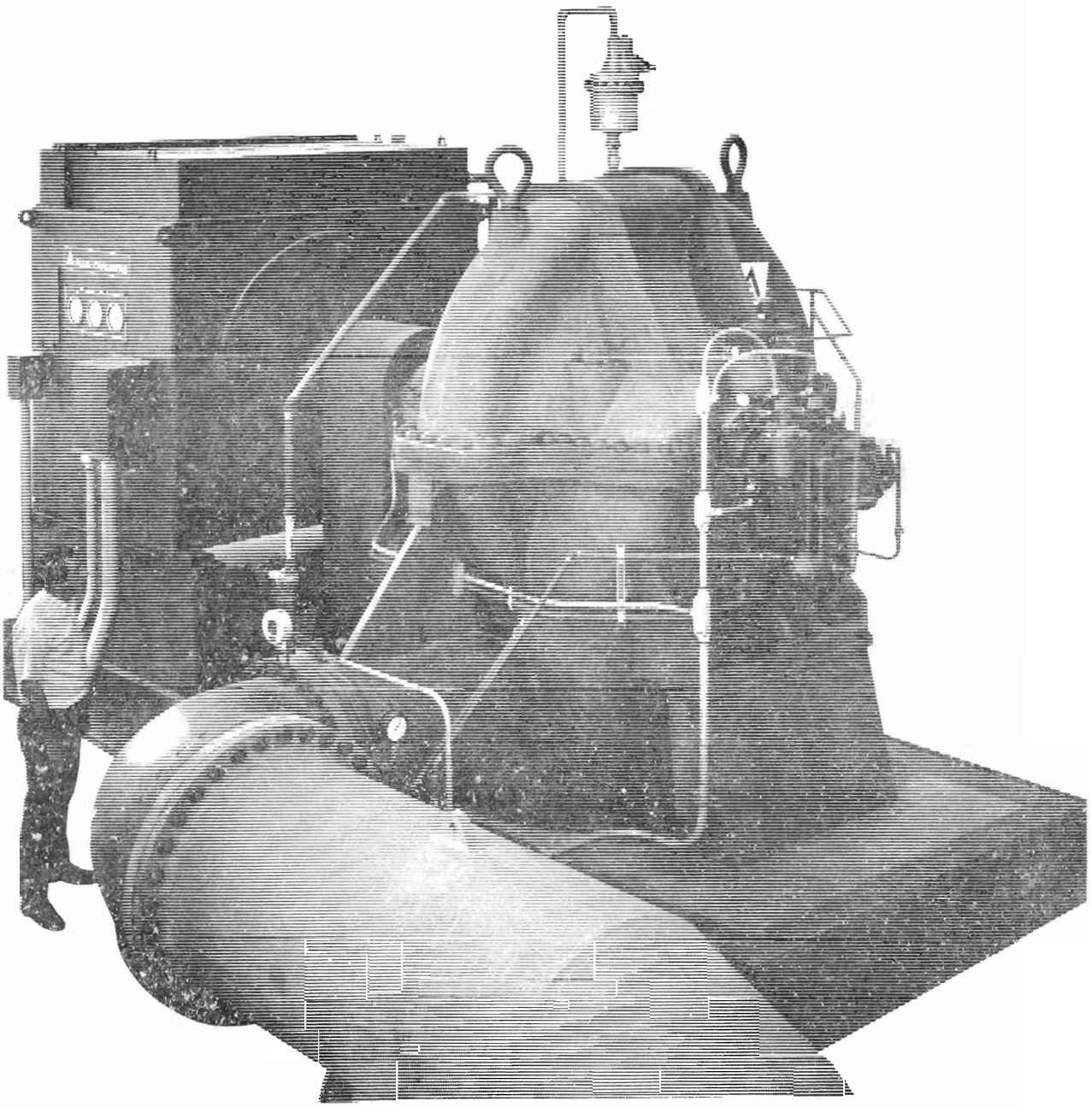
۴ـ عایق PVC پوشش کابل ۷

محدودیتهای کاربردی انواع پمپهای آب در رابطه

با

کاویتاسیون، خوردگی ، سائیدگی و موقعیت نصب

مهندس علی وکیلی تهامی



چکیده :

این مقاله در واقع ادامه مبحث انتخاب پمپ است و نکات ظریفتر این مساله را که در تاسیسات بزرگ حتما "باید مورد بررسی قرار گیرند ،باز گو کرده و با در نظر گرفتن این واقعیت که هزینه های اجرای پروژه ها روزبه روز افزایش می یابند ،اهمیت انتخاب صحیح انواع پمپها را در رابطه با مشخصات هیدرولیکی و مکانیکی و شرایط بخصوص نصب مورد بررسی قرار می دهد .

موازین تعیین نوع پمپ :

در موقع انتخاب پمپ برای انتقال آب یا سایر مواد موازین هیدرولیکی و مکانیکی و مشخصات ایستگاه پمپ باید در نظر گرفته شوند .

از جمله موازین هیدرولیکی می توان سرعت جریان ،راندمان پمپ و سرعت مخصوص را نام برد .در حالیکه سرعت جریان بوسیله کاویتاسیون ،خوردگی و ساییدگی محدود می شود . سرعت مخصوص ابعاد هندسی پمپ (و به همراه آن عمر قطعاتی را که در معرض فرسودگی قرار می گیرند .)و همچنین راندمان و کارکرد اقتصادی سیستم را تعیین می کند .

موازین مکانیکی در برگیرنده فشار تست و سرعت بحرانی است .

خصوصیات مایع مورد پمپاژ نقشی اساسی در مسائل ضربت قوچی سیستم دارند و می توانند بر انتخاب نوع پمپ و موقعیت ایستگاه پمپ تاثیر بگذارند .همچنین شرایط مکش پمپها باید عموما "مورد توجه قرار گیرند .

برای اینکه ابعاد هندسی پمپ حداالمقدور کوچک باشند اصولا "طراحی پمپ باید در رابطه با طراحی ایستگاه پمپ صورت گیرد .با افزودن به ارتفاع تولیدی هر طبقه (یعنی با ازدیاد سرعت دورانی و سرعت مخصوص)می توان تمرکز توان مخصوص پمپها را افزایش داد . این افزایش همیشه قابل قبول است مشروط بر اینکه مسائل فوق الذکر هیدرولیکی و مکانیکی حل شده باشند . شکل ۱ افزایش قابلیت های پمپهای آب را در سالهای اخیر نشان می دهد ،این شکلها پمپهائی را که برای مصارف تزریق آب مورد استفاده واقع می شوند در بر نمی گیرد .بخاطر کمبود ارتفاع مکش مثبت ،افزودن ارتفاع به ازای هر طبقه پمپهای آب به مقدار حداکثر ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر به ندرت مقدور بوده است .البته باید در نظر داشت که حداکثر سرعت دورانی پمپها به وسیله ارتفاع مکش مثبت موجود تعیین می شود .

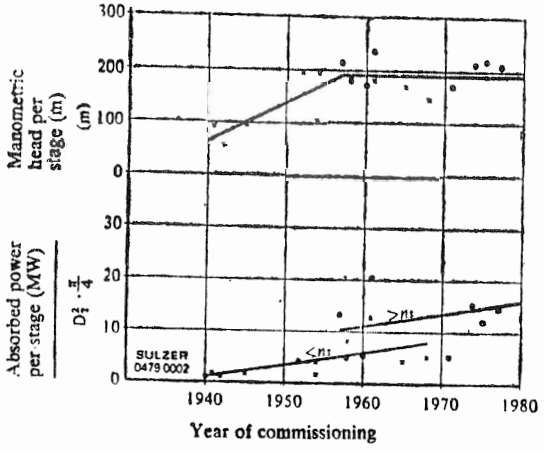
در رابطه با نوع پمپ انتخابی (پمپ با پروانه یک طرفه یا دوطرفه)خصوصیات مکش

پروانه یعنی NPSH را می‌توان به وسیله فرمول سرعت مخصوص مکش (SS) محاسبه کرد

$$SS = n \frac{Q^{1/2}}{NPSH_{0\%}^{3/4}}$$

برای پروانه‌هائی که خصوصیات مکشی آنها خوب است ،سرعت مخصوص مکش را می‌توان برای محدوده وسیعی از سرعت مخصوص ثابت فرض کرد. از این طریق می‌توان حداکثر سرعت دورانی را با معلوم‌بودن دبی ونوع پمپ ،محاسبه کرد .بسته‌به ارتفاع هرطبقه ضریب اطمینان (S_{tot}) فشار مکش پمپ را دررابطه‌با نوع مایع موردپمپاژ (آب آشامیدنی ،آب شوروغیره) ،سرعت محیطی درورودی پروانه ،جنس پروانه اندازه‌ونوع طراحی پمپ (شکل ۲) ،تعیین می‌کنند .بنابراین خواهیم‌داشت :

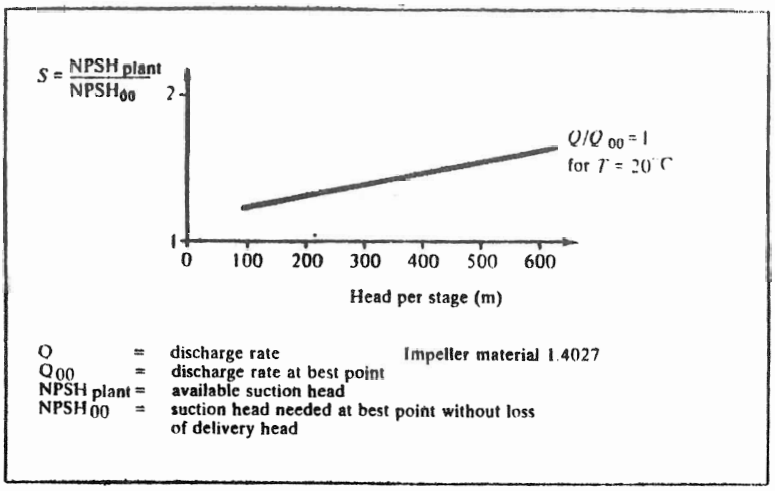
$$NPSH_{plant} = S_{tot}\ NPSH_{0\%}\ (m)$$



1 Specific power concentration of water transportation pumps.

شکل ۱ــ تمرکزتوان مخصوص پمپهای آب

با سری کردن یک بوسترپمپ با پمپ اصلی ،یعنی افزایش دادن NPSH سیستم به‌طورمصنوعی امکان افزایش دادن سرعت پمپ اصلی به‌مقدار متناسبی به‌دست می‌آید. به‌این طریق یک راه‌حل ایده‌آل به‌دست می‌آیدکه‌شامل بوسترپمپ ،جعبه‌دنده ، موتورو پمپ اصلی می‌شود.



2 Safety factor S versus delivery head for best point flow rate.

شکل ۲ـ رابطه‌ضریب اطمینان S وارتفاع برای دبی‌اپتیمم

تحقیقات انجام‌یافته‌درموردپمپهایی که‌با یک بوسترپمپ سری شده‌اندوازیک موتورنیرومی‌گیرندنکات مثبت ومنفی زیررا معلوم‌کرده‌اند :

ـ نکته‌مثبت ازنظرکوچکترشدن ابعادهندسی پمپ اصلی ،مخصوصا "اگربوستریک پمپ یک طبقه‌با پروانه‌دوطرفه‌باشد .

ـ نکته‌منفی ازنظرگرانی وافزایش یافتن احتمال مرتعش شدن سیستم .علت‌هزینه زیادنصب اولیه ،اضافه‌شدن قطعاتی مثل بوسترپمپ وجعبه‌دنده می‌باشد .درحالیکه احتمال مرتعش شدن سیستم‌ضریب اطمینان آنرا کاهش می‌دهدوارتعاش پیچشی بحرانی نوع اصلی ارتعاش دراین مورداست .

باوجوداستفاده‌بهترازموددرپمپ اصلی،نکات منفی اینگونه‌سیستمهای مرکب آشکارابیشترازنکات مثبت آن است .این موضوع علت‌ضعف نسبی تمرکزتوان مخصوص پمپهای آب رانسبت به‌پمپهای فشارقوی مخصوص عملیات تغذیه‌وتزریق ،توضیح‌می‌دهد .

پمپهائی که‌برای انتقال آب مورداستفاده‌قرارمی‌گیرندوبطورجداگانه‌نصب می‌شوندمعمولا"درخطوط لوله‌به‌عنوان بوسترپمپ مورداستفاده‌قرارمی‌گیرند .درچنین پروژه‌هائی به‌موقعیت ایستگاه‌پمپ ومسایل مکش پمپها بایدتوجه‌مخصوصی معطوف شود .

بوسترپمپها غالبا "سرعتهای مخصوص نسبتا "زیادی دارند .دررابطه‌با تعدادپمپها (یعنی به‌مقداری که‌دبی کل تقسیم‌می‌شود .)سرعت مخصوص بوسترپمپها عمدتا "۷۰ و۱۷۰ تغییرمی‌کند (۳۶۰۰ و۸۸۰۰ درسیستم‌آمریکائی) . این موضوع حساسیت شدیداین پمپها

را دررابطه‌با شرایط مکش توصیح می‌دهدوخوداین مساله‌ازقابلیت اطمینان چنین سیستمهایی می‌کاهددرنتیجه مکش سیستم‌قسمتی ازپمپ می‌شودوبرای اینکه‌شرایط مکش دراین سیستمها دقیقا "بررسی شودبایدتستهای مدل صورت گیردویک جواب کاملا"صحیح به‌این مساله‌که‌آیا جریان ورودی بصورت اپتیم‌صورت می‌گیردیانه ،توسط مدلهایی که ازنظرهندسی مشابه‌سیستم‌اصلی است ،بدست می‌آید .

برای جریانهای ورودی که درآنها سطح آزادآب مستقیما "تحت فشارجوقرار دارد ،نسبت اینرسی به‌شتاب ثقل (عددفراد Froude number Fr) بایددرپمپ واقعی ومدل یکی باشدوتنها دراین شرایط ارقام‌بدست‌آمده‌توسط مدل کاملا"مشابه‌شرایط واقعی‌خواهد بود .

$$Fr = \frac{c}{g \cdot D} = \text{constant}$$

عددفراددرقطعات پمپ به‌ابعادبستگی‌دارد‌به‌عنوان مثال درموردیک پمپ عمودی داریم :

$$Fr_A = \frac{c_{T_A}}{g \cdot D_{T_A}} = \frac{c_{T_N}}{g \cdot D_{T_M}} = Fr_M$$

سرعت درمکش پمپ

قطرقسمت مکش

سطح مقطع قسمت مکش

مقیاس مدل

شتاب ثقل

پمپ اصلی

پمپ مدل

c = velocity in the intake flare (m/s)
D_T = diameter of intake flare (m)
S_T = cross section of intake flare (m²)
i = $\frac{D_{T_A}}{D_{T_M}}$ model scale
g = gravitational acceleration (m/s²)
A = full-scale pump
M = model

با ارقام داده‌شده‌برای پمپ اصلی ومقیاس مدل انتخابی (مثلا"۱۰ یا ۲۰)

$$Q_A : D_{T_A} : S_{T_A} : c_A = \frac{Q_A}{S_{T_A}}$$

ابعادوسرعتهای اصلی برای مدل به‌طریق زیربه‌دست می‌آید :

$$D_{T_M} = \frac{D_{T_A}}{i} : Q_M = \frac{Q_A}{i^3} : c_M = \frac{c_A}{i}$$

به‌وسیله‌تعییردادن سیستماتیک ابعادهندسی مدل ،درمحدوده‌امکانات ساختمانی ایستگاه‌پمپ ،دراغلب مواقع ،به‌موازات اندازه‌گیریهای توزیع سرعت درمقاطع مختلف قسمت مکش ،جواب قانع کننده‌ای بدست می‌آید .

شکل ۳ طرق مختلف ساخت وکاربردبوسترپمپها رانشان می‌دهد .انتخاب نوع پمپ باید

درارتباط با برآوردا قتصادی مجموعه‌سیستم‌صورت گیرد ،نوع پمپ ازنظرفنی به‌وسیله ارتفاع مکش مثبت موجودوارتفاع رانش تعیین می‌شود .

انوع مختلف عبارتنداز :

ـ پمپهای شعاعی Radial pumps با محفظه‌های حلزونی (با دیفیوزریا بدون دیفیوزر ،سرعت مخصوص تا ۱۰۰ ،سیستم‌آمریکائی تا ۵۱۶۰)

ـ پمپهای Mixed-flow با کانالهای برگشتی محوری یا محفظه‌حلزونی(سرعت مخصوص بین ۴۰ تا ۱۸۰ ، سیستم‌آمریکائی ۲۱۰۰ تا ۹۲۰۰)

ـ پمپهای محوری Axial-flow(سرعت مخصوص بالای ۱۲۰ ،سیستم‌آمریکائی ۶۲۰۰)

درانتخاب نوع پمپ همچنین بایدشرایط کارپمپ رادردبی‌های کمترازمقدارنامی دررابطه‌با نوع منحنی مشخصات ،ظرفیت مکش وتوان مصرفی ،درنظرگرفت .

شکل ۴ یک نمونه‌بوسترپمپ عمودی باکانال برگشتی محوری رانشان می‌دهد . برای شرایط مساوی همچنین می‌توان ازپمپهای با محفظه‌حلزونی بتنی (شکل ۵) استفاده کرد .چنین طرحهایی امروزه‌درنیروگاهها مورداستفاده‌قرارمی‌گیرندوکارکردخوب خود را درتمام‌زمینه‌ها به‌اثبات رسانده‌اند .

حواب قطعی به‌نکات ضعف وقوت این سیستمها را (درا رتباط با طراحی‌هیدرولیکی ومکانیکی ،نصب ،نگهداری وحجم‌کارهای ساختمانی موردنیاز)باهمکاری مهندسین پروژه‌می‌توان داد .

درجاهائیکه‌پمپ بایدخارج ازآب ودرمحیط خشک نصب شود ،پمپهای افقی یک طبقه باپروانه‌دوطرفه ومحفظه‌ای که‌درجهت محوردوتکه می‌شود ،به‌عنوان بوسترموردا ستفاده ، قرارمی‌گیرند (شکل ۶) .

با استفاده‌ازپروانه‌دوطرفی دبی‌مکش پمپها با سرعت ثابت حدود ۴۰ درصدافزایش پیدا می‌کند ،که‌اغلب نکته‌مثبتی ازنظرحجم‌ساختمانی بشمارمی‌آید .با این حال این پمپها حساسیت بیشتری درمقابل شرایط نامناسب مکش ،درمقایسه‌با پمپهای عمودی یک طبقه‌که‌با سرعت مخصوص زیادکارمی‌کنند ،دارند .

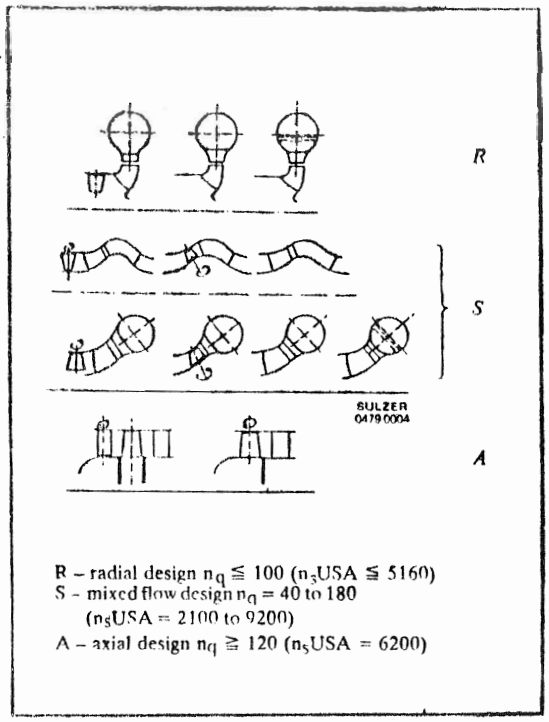
پمپهای اصلی برای انتقال وتزریق آب :

این پمپها را می‌توان به‌صورت زیرطبقه‌بندی کرد :

ـ پمپهای فشارکم (ارتفاع حداکثرتا ۱۲۰ متر)

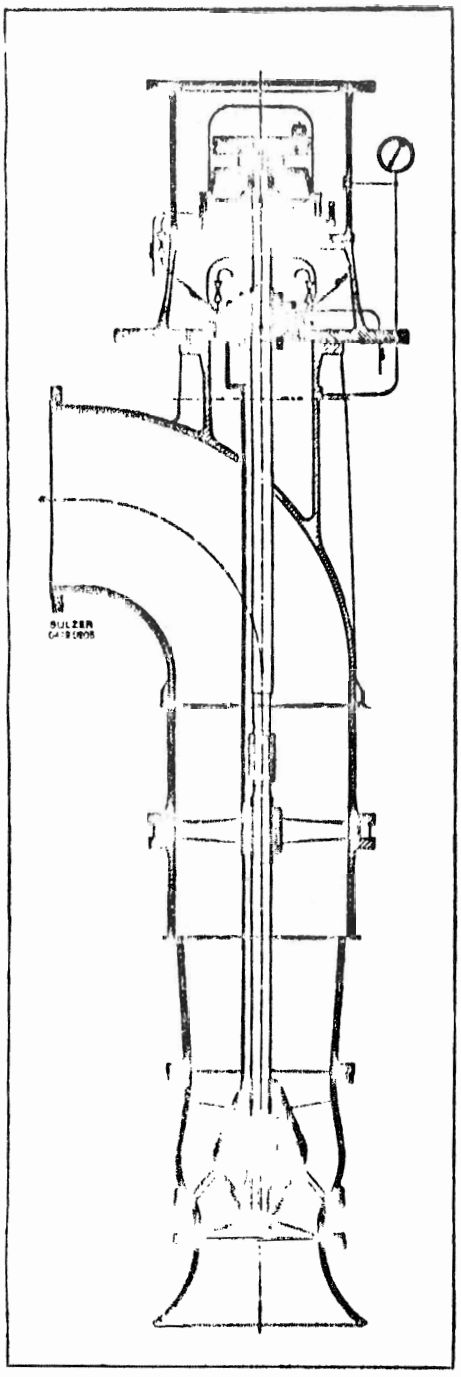
ـ پمپهای فشارمتوسط (ارتفاع ۱۲۰ تا ۶۰۰ متر)

ـ پمپهای فشارزیاد (ارتفاع ۶۰۰ متروبیشتر)



3 Alternative hydraulics for booster pumps.

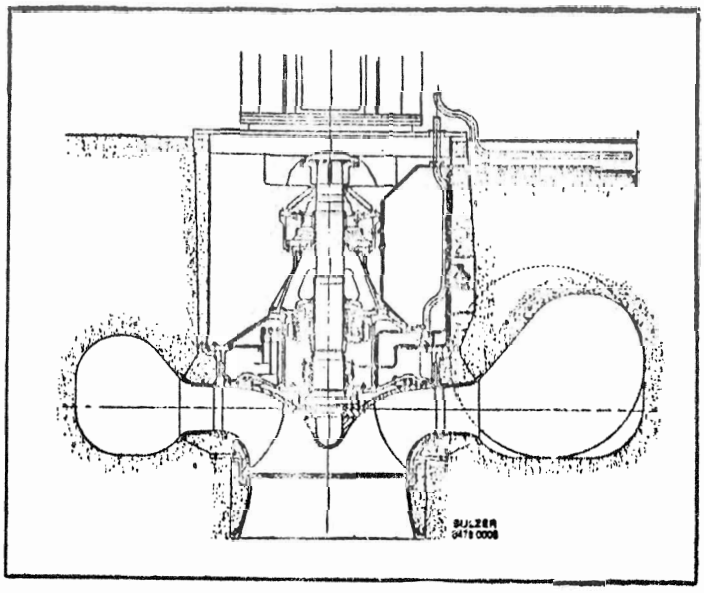
شکل ۳ـ انوع طرحهای هیدرولیکی بوسترپمپها



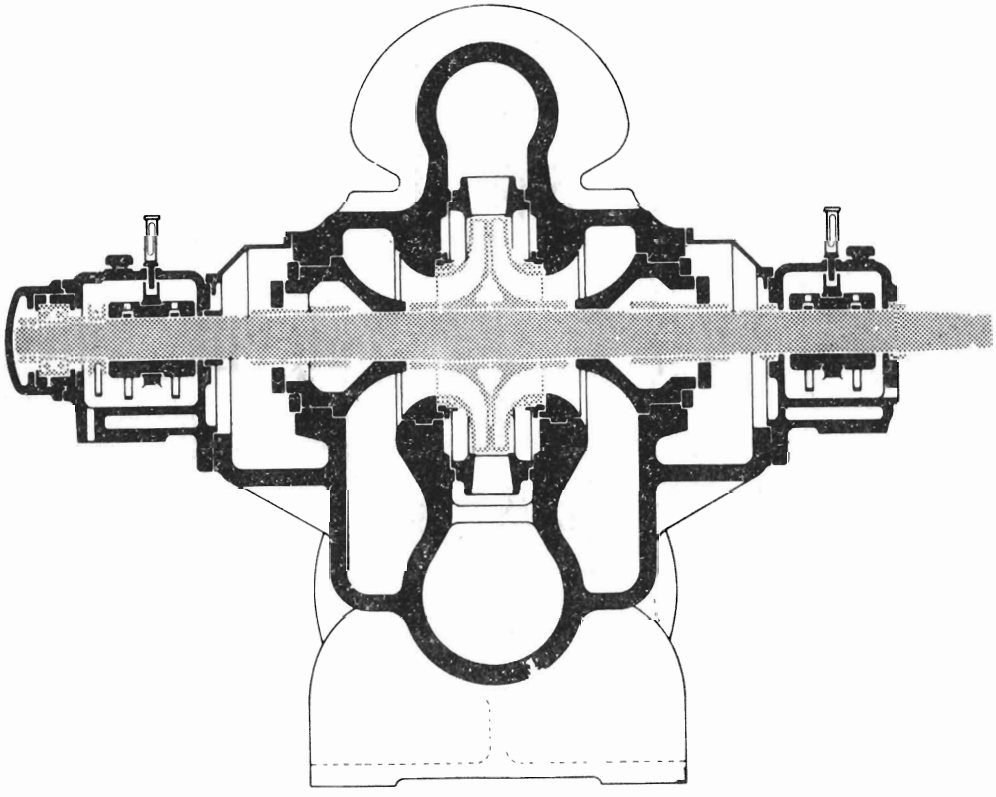
4 4 Vertical booster pump with axial return channel.

شکل ۴ـ بوسترپمپ عمودی باکانالهای برگشتی محوری

5 Vertical booster pump with concrete volute casing.



شکـــل ۵ـ بوسترپمپ عمودی با محفظه‌حلزونی بتنی



شکـــل ۶ـ بوستـــرپمپ افقی با پروانه‌دوطرفه ومحفظه‌ای که‌در جهت محوردوتکه می‌شود .

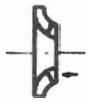
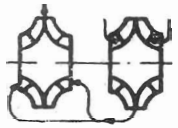
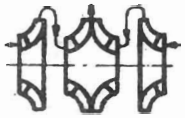
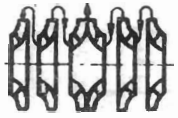
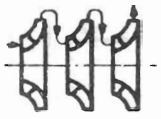
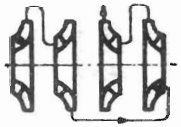
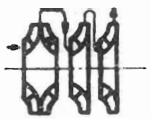
Pattern	Flow	Possible design concept	Pressure limits: stage	Pressure limits: casing	Q-H range	Specific speed range	Hydraulic advantages	Hydraulic disadvantages	Design advantages	Design disadvantages	Bemerkungen
s		single or double volute or diffuser withdrawable vertically or horizontally split	≤ 400 m (600 m) 1312 ft (1968 ft)	up to 110 bar	690 m 1969 ft 100 m 328 ft 1000 m³/h 4403 USGPM 10000 m³/h 44029 USGPM	N_s = 870 ÷ 4250 n_q = 17 ÷ 82	NPSH$_s$ > NPSH$_d$ per Side	– $\eta_s < \eta_d$ with equal H-Q/speed – sensitive to intake conditions with high n_q	1 shaft seal	– overhung impeller – high axial thrust – casing less stiff (compared with «d») – dismantling (compared with horizontal split)	H_{ST} single volute ≤ 120 m H_{ST} double volute ≤ 600 m H_{ST} diff. ring ≤ 600 m for seawater = H_{ST} ~ 600 m
d		split vertical or horizontal	400 m (800 m) 1312 ft (2624 ft)	160 bar 2275 psi	800 m 2625 ft 180 m 591 ft 2000 m³/h 8806 USGPM 10000 m³/h 44029 USGPM	N_s = 870 ÷ 3990 n_q = 17 ÷ 75	– $\eta_d > \eta_s$ – thrust balanced	Intake geometry compared with 2s/3s	stiff	– 2 shaft seals – seals between stages in horizontally split type (compared with 2d (3d))	for oil and seawater H_{ST} ~ 800 m
d+d		split horizontal	400 m 1312 ft	160 bar 2275 psi	800 m 2625 ft 350 m 1148 ft 4000 m³/h 17612 USGPM 20000 m³/h 88058 USGPM	N_s = 870 ÷ 2200 n_q = 17 ÷ 42	– η_{tot} – higher – than – η_{tot} 2d	Intake geometry compared with 2d 3d Thrust not balanced	– no diffuser – fewer parts than 2d – n_{crit} higher than 2d	– seals between stages in horizontally split type (compared with 2d (3d)) – Greater volume than 2d 1 LP seal 1 HP seal	
2d		split horizontal	400 m 1312 ft	160 bar 2275 psi	800 m 2625 ft 400 m 1320 ft 400 m³/h 1761 USGPM 20000 m³/h 88058 USGPM	N_s = 870 ÷ 2200 n_q = 17 ÷ 42	– intake conditions good – thrust balanced		– seals between stages – destaging possible – no piston	– breeches pipe – diffuser for 1 stage	
3d		split horizontal	300 m 984 ft	170 bar 2420 psi	900 m 2953 ft 300 m 984 ft 400 m³/h 1761 USGPM 8000 m³/h 35222 USGPM	N_s = 870 ÷ 2300 n_q = 17 ÷ 42	– intake conditions good – thrust balanced		– seals between stages – destaging possible – no piston	– breeches pipe – diffuser for 1 and 2 stages	
ns (3s)		split vertical pull-out or cartridge	400 m 1312 ft	560 bar 8000 psi	2800 m 9187 ft 250 m³/h 1101 USGPM 4000 m³/h 17600 USGPM	N_s = 870 ÷ 1650 n_q = 17 ÷ 32		η_{tot} lower than ns + ns Thrust not balanced	– 2 LP seals – destaging possible – rigid barrel – simple HP casing seal – diffuser may be changed with corrosive media	– dismantling volume	Advantage: Shop maintenance on cartridge (barrel)
ns + ns (2s + 2s)		– split vertical – split horizontal	400 m 1312 ft	vertikal: 560 bar 8000 psi horizontal: 320 bar 4560 psi	2800 m 9187 ft (v.) (h) (h.) 2000 m 6562 ft 250 m³/h 1101 USGPM 2500 m³/h 11008 USGPM 3000 m³/h 13209 USGPM	N_s = 870 ÷ 1650 n_q = 17 ÷ 32	– leakage loss at throttle bush less than ns – thrust partly balanced		– diffuser may be changed with corrosive media – n_{crit} higher than ns – rigidity (with vertical split) – simple HP casing seal (vertical split) – 1 LP and 1 MP seal or seal with pressure relief	– dismantling volume with vertical division – Lower pressure limit than horizontal split	Shop maintenance on cartridge (barrel)
ns + (1d + 2s)		– split vertical	400 m 1312 ft	560 bar 8000 psi	2800 m 9187 ft 250 m³/h 1101 USGPM 3000 m³/h 13209 USGPM	N_s = 870 ÷ 1650 n_q = 17 ÷ 32	NPSH lower than ns or ns + ns		– diffuser may be changed with corrosive media – 2 LP seals – rigidity of barrel – simple HP casing seal – 1 LP and 1 MP seal or seal with pressure relief	– dismantling volume	Shop maintenance on cartridge (barrel)

Table 1 Comparison of liquid transportation pumps. جدول ۱ــ جدول مقایسه‌پمپهای مختلف

دراغلب موارداین پمپها بایددرشرایط ارتفاع مکش (NPSH سیستم) نسبتا " کمی‌کارکنند .

برای صرفه‌جویی هرچه‌بیشتردرموادمصرفی پمپ می‌توان پمپ راازنوعی انتخاب کردکه‌برای دبی مکش موردنیازدارای حداکثرسرعت دورانی باشدتابهترین راه‌حل اقتصادی مساله‌بدست آید .

درنتیجه‌همه‌امکانات ممکن باید درموقع بررسی پروژه درنظرگرفته‌شوند . متغییرهایی که‌دراینگونه‌سیستم‌ها بایددرنظرگرفته‌شونددرجدول ۱ نشان داده‌شده‌اند. این جدول مواردکاربرد ،نکات مثبت ومنفی هیدرولیکی ومکانیکی هریک ازانواع پمپها را نشان می‌دهد .

درموقع انتخاب یک پمپ همچنین بایدپارامترهایی مانندظرفیت مکش ، حدمجاز سرعت جریان ، سرعت بحرانی محورپمپ ، راندمان پمپ وشرایط مخصوص نصب درنظر گرفته‌شوند .

ظرفیت مکش :

دراغلب موارد پمپهائی که‌پروانه‌دوطرفه‌داشته‌وحداکثردارای سه‌طبقه‌می‌باشند، (تعدادطبقات به‌علت عوامل مکانیکی محدودمی‌شود) ، اقتصادیترین نوع پمپ در اینگونه موارد هستند .

با استفاده‌ازاین پمپها سرعت مطلق را می‌توان تاحدود ۴۰ درصددرمقایسه‌باپمپهای سانتریفیوژمعمولی، افزایش داد ،بدون اینکه‌به‌احتمال ایجادکاویتاسیون افزوده شود [۳ و۲] درنتیجه‌پمپهایی باابعادکوچکترمی‌توانندمورداستفاده‌قرارگیرندکه مناقع اینکارعبارتنداز وزن کمتر (قیمت خریدوحمل ونقل کمتر) ، قیمت کمتروسایل یدکی وقیمت کمترکارهای ساختمانی لازم‌برای نصب دستگاه.این پمپها مخصوصا "برای فشارهای کم‌ومتوسط مناسب هستندوازنظرساختمانی ازمحل محوربطورافقی‌به‌دوقسمت تقسیم می‌شوند (شکل ۶) .

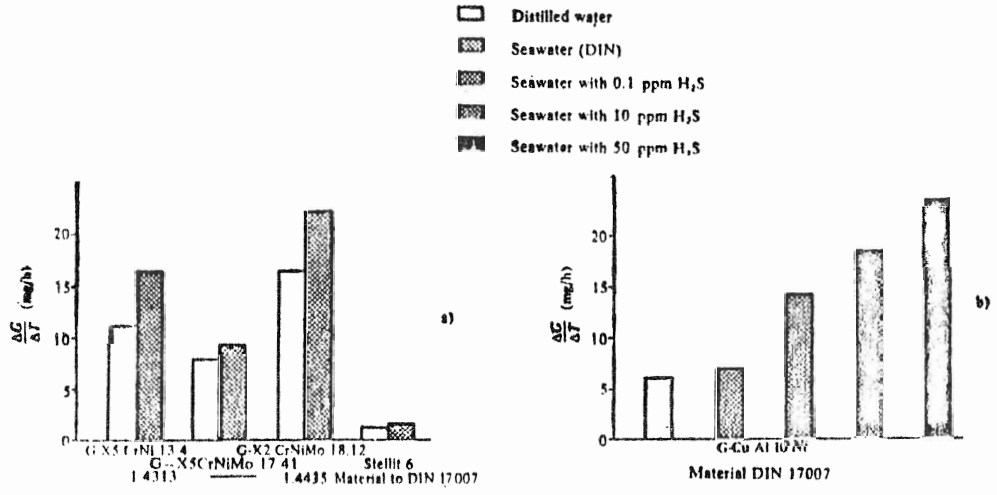
درپمپهای فشارقوی عموما "ازاین طرح نمی‌توان استفاده‌کرد ،چون مسایل‌طراحی مکانیکی محدودیتهایی ازنظراندازه‌پمپ بوجودمی‌آورد . تغییرشکل پمپ ازمحل‌دو تکه‌شدن محفظه‌درنتیجه‌فشارزیادوجای لازم‌برای پیچهای دوسرازجمله‌این مسایل‌هستند

که‌طراح را مجبوربه استفاده ازپمپهایی می‌کنندکه ازجهت عمودی دوتکه می‌شوند .برای فشار مثبت مکش متوسط استفاده ازمحفظه‌فولادی وپروانه‌هایی با قطرحدود ۳۵۰میلیمتر معمول است وفشارتوایدی حدود ۴۰۰ بار (آتمسفر) می‌باشد . تحت این فشارباا ستفاده ازفلنج های مناسب می‌توان عمل آببندی رابه‌خوبی انجام داد .

حدسرعت جریان :

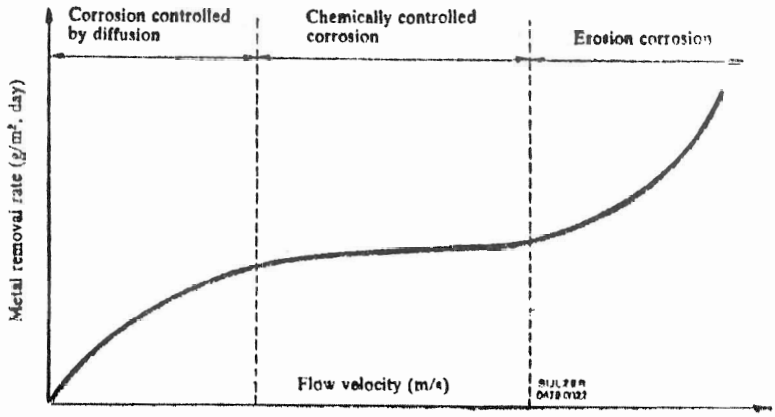
پمپهای عملیات انتقال آب به‌ندرت برای فشارهای بیشتراز ۴۰۰ متربه‌ازای هرطبقه‌ساخته می‌شوند .با این حال احتمال ایجادکاویتاسیون رانبایدازنظردورداشت احتمال ایجاداین مساله‌بخصوص درشرایطی زیاداست که‌مایع موردپمپاژبجای‌آب‌تمیز آب نمک داریاآب همراه‌موادمعدنی زیادباشد . برای این قبیل مایعات ضرایب اطمینان بدست‌آمده‌ازآزمایشها وتجربیات عملی باآب معمولی بایداصلاح شوند . (شکل ۲) . به‌وجودآمدن کاویتاسیون وخوردگی درکنارهم‌باعث کاهش حدسرعت لازم برای شروع عمل تخریب پمپ می‌شود .

شکل ۷ نشان می‌دهدکه‌چگونه‌خوردگی برروی کاهش مقاومت موادپمپ درمقابل کاویتاسیون تاثیرمی‌گذارد .



7 Loss of cavitation resistance by various materials under the influence of corrosion.

شکل ۷ـ نمودارکاهش مقاومت موادمختلف درمقابل کاویتاسیون به‌علت ایجادشدن خوردگی



8 Effects of corrosion shown schematically.

شکل ۸ـ شماتیک تاثیرات خوردگی

اگرمایع موردپمپاژحاوی ذرات جامدباشداین عمل سرعت وشدت بازهم بیشتری پیدا می‌کند ،چون ضربات وتنش های ایجادشده ازحدمقاومت مکانیکی موادپمپ بیشتر می‌شود .ولی چون آب موردپمپاژاغلب ازنظرفیزیکی تمیزبوده وبیشترازنظرشیمیائی خاصیت تخریب داردلذا مساله اصلی انتخاب صحیح جنس قطعات مختلف پمپ است .بعلت سرعت جریانهای نسبتا "زیاد ،حدمقاومت شیمیائی موادمختلف محدوداست .ازنتایج تستهای آزمایشگاهی چنین برمی‌آید ،که خصوصیات مقاومت شیمیائی یک ماده درسه‌حالت می‌توانددسته‌بندی شود .

الف ـ سرعت خوردگی ماده درمقایسه‌بازمان کارکردکم است وخطری ایجادنمی‌کند.

ب ـ به‌علت ایجادشدن یک لایه منفعل مقدارخوردگی عمدتا "ثابت بوده وخطری جدی پیش نمی‌آورد .

ج ـ سرعت زیادجریان هرگونه‌لایه منفعل زاازبین برده وازتشکیل مجدد آن جلوگیری می‌کندکه درنتیجه مقدارخوردگی بسیارزیاداست .

موادمناسب برای مایعات وسرعتهای مختلف وروابط بین آنها درمتون شماره ۴و ۵ فهرست منابع آمده‌اند .مخصوصا "درموقع انتخاب جنس پمپهای عملیات تزریق که مایعات شدیدا "خورنده راازخودعبورمی‌دهند ،پیشنهادمی‌شودکه مقدارتخریب ماده برای مایعات مختلف وسرعتهای مختلف که ازتستهای آزمایشگاهی بدست می‌آید ،درنظرگرفته شود .به‌این طریق یک انتخاب صحیح ازنظراقتصادی می‌تواندصورت گیرد .

برای جمع بندی این مبحث ،می‌توان میزان تخریب تقریبی موادراددرارابطه‌با کاویتاسیون ،خوردگی وسایدگی به‌صورت زیرفرمول بندی کرد .

کاویتاسیون Cavitation $\frac{\Delta G}{T} \cong C^n$

خوردگی Corrosion $\frac{\Delta G}{T} \cong C^i$

سایيدگی Erosion $\frac{\Delta G}{T} \cong C^m$

ΔG = میزان کاهش وزن جنس پمپ (میلی‌گرم)

T = زمان (ساعت)

n = ۶ تا ۸

m = ۳

i = به‌نوع مایع وجنس پمپ بستگی‌دارد

ازفرمولهای بالامی‌توان به‌تاثیرزیادسرعت جریان ،ودرنتیجه ارتفاع تولیدی به‌ازای هرطبقه ،دراین پدیده‌پی برد .

سرعت بحرانی محورپمپ :

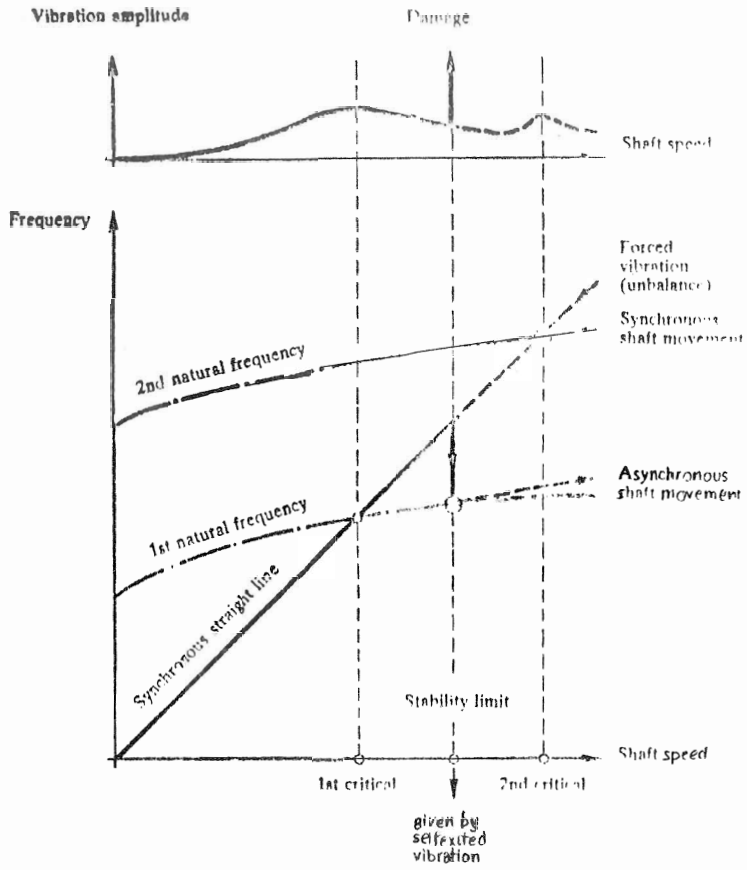
با افزایش روزافزون توانائی های پمپها که‌باعث افزایش سرعت محیطی ومطلق پمپها شده وبه‌علت استفاده ازپمپهای چندطبقه‌که‌فشارهای بسیارزیادی تولیدمی‌کنند، توجه‌بیشتری بایدبه‌مسایل سرعت بحرانی درطراحی مکانیکی پمپها مبذول شود .

ارتعاش محوربه‌علت نیروهای دینامیک خارجی ـ غیربالانسی ها ـ وتحریک خودی (self-excitation) بوجودمی‌آید .

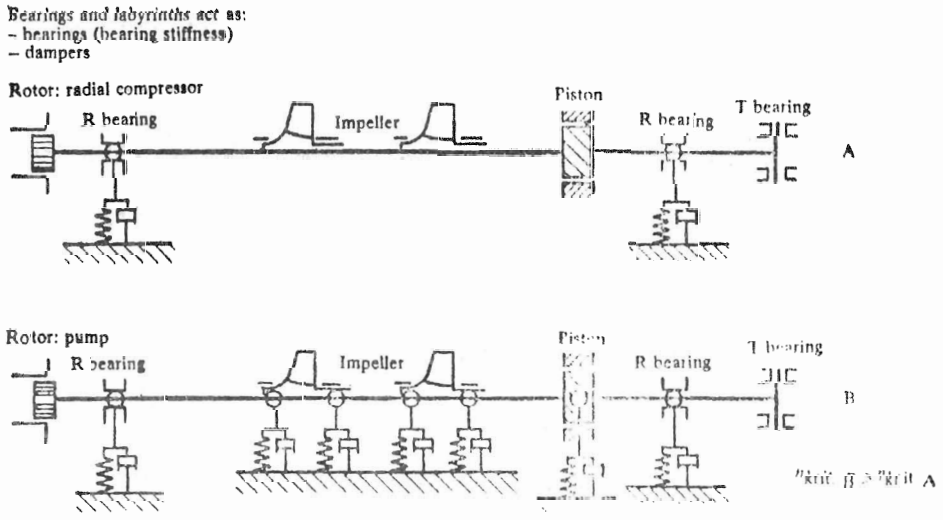
تحریک خودی (Self-excitation) ازنیروهای مماسی درفواصل کوچک،که‌جریانهای محوری ازآن **عبور می‌کند ،ناشی می‌شود که می‌تواند به وسیله سرعت محیطی تشدید شود . این فواصل کوچك فاصله** بین پروانه‌ورینگ آببندی پروانه (labyrinth) یا فواصل موجوددر پیستون بالانس‌کنند ،که‌مانندیاتاقان هیدرودینامیک عمل می‌کند ،هستند . البته یاتاقانهای شعاعی روغنی نیزممکن است باعث ایجادتحریک خودی شوند .

شکل ۹ رابطه‌بین ارتعاش وسرعت یک محوررانشان می‌دهد .درموردپمپها برخلاف سایر توربوماشینها ازقبیل کمپرسورهای محوری ،درموقع محاسبه‌سرعت بحرانی بایدتاثیرات فواصل فوق الذکر ، (مخصوصا "فواصل موجودبرروی محورپمپهای چندطبقه)راکه‌به‌مثابه

9 Shaft vibration behaviour.

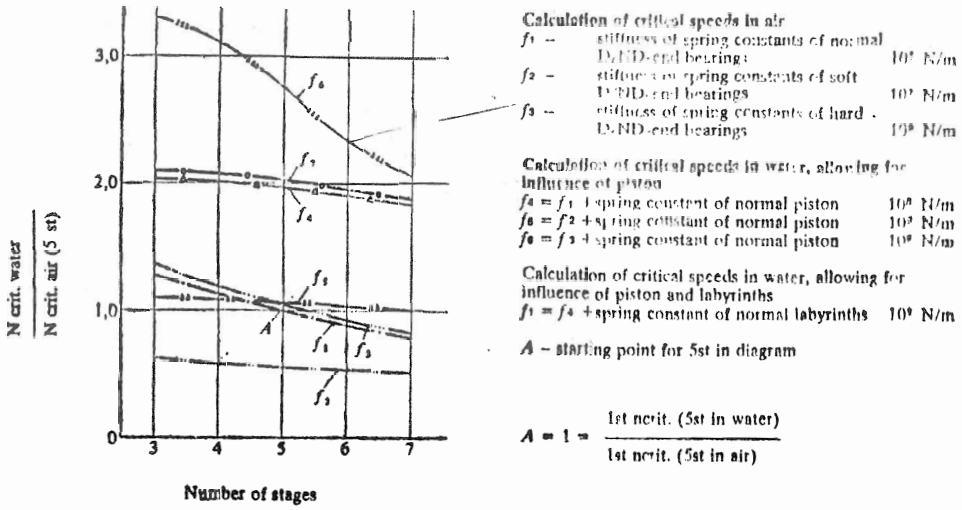


شکل ۹ـ نمودار خصوصیات ارتعاش محور



10 Influence of bearings and labyrinths on critical speed.

شکل ۱۰ـ تاثیر یاتاقانها و labyrinth ها برسرعت بحرانی



11 Influence of the number of stages and stiffness of piston, bearings and labyrinths on the critical speeds.

شکل ۱۱- تاثیرتعداد طبقات ومیزان سفتی پیستون ،یاتاقانها و labyrinth ها برسرعت بحرانی

یاتاقانهای آب خنک (water-lubricated) عمل می‌کنند ،درنظرگرفت ،درارتباط با عمل یاتاقان مانند labyrinth ها ،کمپرسورهای شعاعی که‌با هوا کار می‌کنند،شکل ۱۰ با پمپهای آب مقایسه‌شده‌اند ،عموما "می‌توان گفت که‌سفتی یاتاقانهای روغنی سرعت بحرانی را پایین می‌آورد ،درحالیکه‌سفتی labyrinth های آب خنک (water-lub.) وپیستون بالانس کننده‌به‌مقدارآن می‌افزاید ،تنها درشرایطی می‌توان ارتعاش طبیعی محورپمپ را محاسبه‌کردکه‌میزان سفتی وقابلیت لرزه‌گیری هرکدام ازحالات بالامعلوم باشند ،رزونانس بوجودآمده‌درموقعی که‌فرکانس طبیعی مساوی فرکانس تحریکی‌می‌شود قابل محاسبه‌است ،شکل ۱۱ حالات‌گوناگونی راکه‌درموردپمپهای چندطبقه مخصوص عملیات تزریق بوجودمی‌آیندنشان می‌دهد ،تاثیرزیادسفتی پیستون این نوع‌پمپ‌در مرتعش شدن آن کاملا" مشهوداست .

به‌علت قابلیت لرزه‌گیری زیاد (strong damping) پیستون بالانس کننده ویاتاقانها درموقع گذارازاولین سرعت بحرانی هیچ مشکلی درموردمحورهای بخوبی بالانس شده‌بوجودنمی‌آید . قابلیت لرزه‌گیری موثراین امکان رابوجودمی‌آوردکه بتوان ازیک محوربخوبی بالانس شده‌درمحدوده‌سرعت بحرانی استفاده‌کرد .

اندازه‌گیریهای انجام‌یافته‌ازشرایط واقعی معلوم‌کرده‌است که‌به‌زحمت می‌توان موقعیت فرکانس رزونانس را معلوم‌کرد.

توجه‌بسیارزیادی بایدبه‌شکل هندسی labyrinth های پروانه‌وفواصل پیستون بالانس کننده معطوف شود.حتی درشرایط فشاروسرعت کم،شکل هندسی نامناسب ممکن است باعث بوجودآمدن ارتعاش خودتحریک شونده (self-excited)ونهایتا" ارتعاش شدیدپمپ شود.

افزایش حدسرعت تنها به‌شرطی قابل دسترسی است که‌شکل هندسی قطعات مذکوربهتر شود. علم‌به‌نیروهای تحریک کننده‌وارتباط آنها با شکل هندسی پمپ برای کارکرد مطمئن پمپهای چندطبقه‌مدرن ضروری است.

راندمان :

بهترین راندمان یک پمپ دروحله‌اول باکنترل افتهای نسبی ناشی ازاصطکاک دیسک بدست می‌آید.

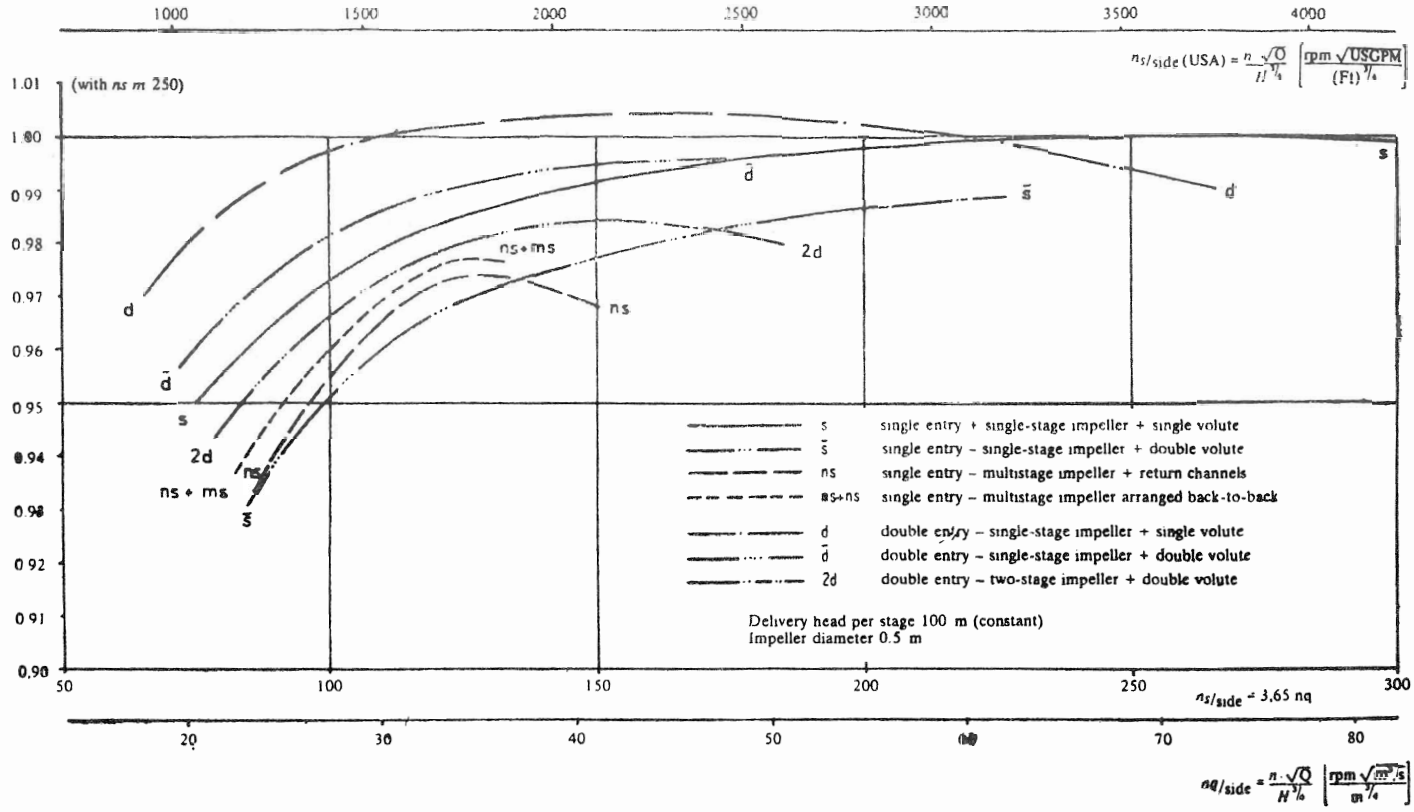
$$\frac{P_r}{P_{00}} \sim \frac{k_1}{n_q^2}$$

افت‌های ناشی ازنشت labyrinth ها نیزدراین امرموثرهستند :

$$\frac{P_r}{P_{00}} \sim \frac{k_1}{n_q^2}$$

هردوی این افت‌ها با افزایش یافتن سرعت مخصوص شدیدا "کم می‌شوند،بطوری‌که‌بهترین راندمانهای هیدرولیکی درسرعتهای مخصوص زیادبدست می‌آید (شکل ۱۲).افت راندمان درسرعتهای مخصوص زیادترعمدتا "درقسمت ورودی پروانه‌بوجودمی‌آید.

وقتیکه مشخصات پمپ وسیستم ،مخصوصا " NPSH سیستم ،معلوم می‌شودامکان انتخاب‌پمپی که‌بهترین راندمان رابدست دهدباکمک شکل ۱۲ بدست می‌آید. با این طریق یک‌مقایسه اقتصادی بین‌انواع مختلف پمپ ،برمبنای صرفه‌جویی درانرژی ،می‌توان انجام‌داد. بسته‌به‌نوع پمپ وظرفیت کارآن ممکن است که‌ازیک پمپ گرانترولی با راندمان بهتر



12 Hydraulic efficiency versus pump design and specific speed, for cold water only.

شکل ۱۲ــ راندمان هیدرولیکی درمقایسه‌با طراحی پمپ وسرعت مخصوص ،برای آب‌سرد

استفاده‌کردتا صرفه‌جویی اقتصادی بیشتری دردرازمدت انجام‌شده‌باشد. شکل نهایی ایستگاه‌پمپ تنها با همکاری نزدیک سازنده‌پمپ وطراح ایستگاه‌بدست می‌آید .جدول ۲ صرفه‌جویی انرژی رادرموردانواع پمپهای آب نشان می‌دهد.

Drive input	MW	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
Delivery head	m	200	200	400	400	400	400	800	800	800	2000	2000
Discharge rate	l/s	2698	2660	1336	1330	1321	1288	658	648	640	256	256
Pump type	–	d	s	2d	s+s	d	s	3s	2d	s+s	4s + ls	8s
n_q/side	–	39	36	41	41	24	24	33	24	24	29	29
n_s (USA)		2000	1880	2090	2090	1245	1245	1685	1245	1245	1480	1480
Speed	rev/min	1780	1190	2645	1874	2660	1905	2665	3798	2701	3580	3580
η at best point	%	88.2	86.9	87.3	86.9	86.3	84.2	86.0	84.7	83.7	83.6	83.2
NPSH-0%	m	25.9	23.8	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	21.7	21.6
D_2 impeller diam.	mm	745	1102	506	714	650	908	557	455	640	392	392
Power losses	kW	–	89.7	–	27.6	69.5	220.9	–	92.1	164.8	–	28.9
Penalty	Sfr.	–	89 700	–	27 600	69 500	220 900	–	92 100	164 800	–	28 900
Wt/Wt 2d		–	–	1	1.29	1.37		1.54	1	–	–	

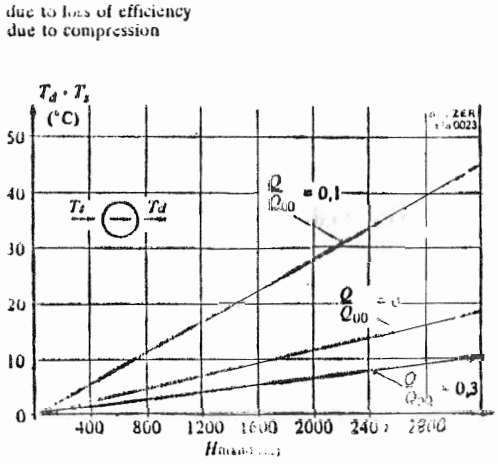
Table 2 Comparison of dimensions, suction capacities and efficiencies for the various possible pump types with constant drive input

جدول ۲ــ مقایسه‌ابعاد ،ظرفیت مکش وراندمان انواع پمپهای ممکن با توان ورودی ثابت

مسایل نصب :

برای محاسبه حالات گذرا ،مشخصات عمود پمپ باید معلوم باشد که عبارتند از منحنیهای مشخصات پمپ در شرایط کار عادی،ترمزوتوربینی شدن، همچنین در این شرایط در اختیار داشتن مشخصات شیرآلات ضروری است .این معلومات بوسیله آزمایشات روی مدل بدست می‌آید . با کمک برنامه کامپیوتری محاسبات ضربت فوجی انجام می‌گیرد و هدف اصلی در این کار جلوگیری از افت فشار سیستم و ایجاد خلع در آن است .بسته به اندازه ایستگاه پمپ حالات گذرا ممکن است تحت تاثیر سایر شرایط از قبیل تغییر سرعت در طرف مکش و رانش قرار گیرند .از انواع دیگر این شرایط می‌توان از اتصال چرخ لنگر به محور پمپ، مخازن هوا و فشارشکن ،شیرفلکه‌ها ،شیرهای هوا و بای پاس‌ها نام برد .

پمپها باید در برابر افزایش حرارت حفاظت شوند . اگر پمپی در حالت بارکامل و در مقابل ارتفاع زیاد با سرعت ثابت کار کند ،افزایش درجه حرارت حاصله باید در نظر گرفته شود . در شرایطی که راندمان هیدرولیکی نامناسب باشد تبدیل توان جذبی موتور به انرژی حرارتی بیشتر صورت خواهد گرفت و افزایش درجه حرارت ممکن است به مقدار قابل ملاحظه‌ای باشد . (شکل ۱۳)



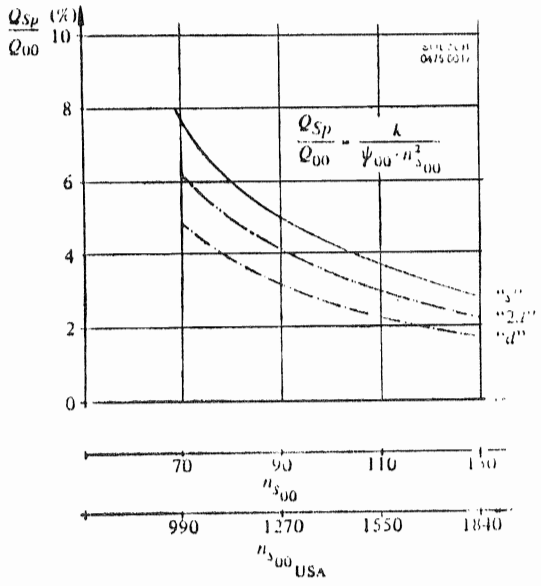
T_s	Temperature on suction side (°C)
T_d	Temperature on discharge side (°C)
H_{mano}	Pump delivery head (m)
η	Efficiency (–)
Q	Discharge rate (l/s)
Q_{00}	Discharge rate at best point (l/s)
β	Coefficient of compressibility

13 Temperature rise in multistage pumps versus delivery head, shut-off capacity and minimum flow.

شکل ۱۳- افزایش درجه حرارت پمپهای چندطبقه در رابطه با ارتفاع پمپ ،دبی نشتی و دبی مینیمم .

هزینه‌های نگهداری :

به‌علت بالارفتن هزینه‌های انرژی ،مهندسین طراح ایستگاههای پمپ درآینده مجبورخواهندشدپمپهایی راانتخاب کنندکه مخارج نگهداری آنها حداالمقدورکم‌باشند. یکی ازاین مسایل عبارتست ازافت راندمان پمپ به‌علت خرابی وگشادشدن برای تامین حداقل هزینه‌های نگهداری بهتراست ازپمپهای با سرعت مخصوص زیاد استفاده‌شود. بطوری که‌ازشکل ۱۴معلوم‌می‌شودمقدارنشتی با افزایش سرعت مخصوص کاهش می‌یابد.



14 Relative leakage losses in the labyrinths of pumps with single and double entry.

شکل ۱۴ـ نشت نسبی در labyrinth پمپهای با پروانه‌یک طرفه‌ودوطرفه

وقتی فواصل labyrinth زیادمی‌شودافزایش افت‌های ناشی ازنشت به‌طور تقریبی ازفرمول زیرمحاسبه‌می‌شود :

$$\frac{Q_{L\ worn}}{Q_{R\ new}} \approx \left| \frac{\quad R\ worn}{\quad new} \right|^{3/2}$$

از رابطه بالا مزیت پمپهای با سرعت مخصوص زیاد معلوم می‌شود (شکل ۱۴) . اگر سرعت مخصوص کمتر باشد افت راندمان به علت فاصله زیاد labyrinth مستهلک شده نسبتا" بیشتر از حالت قبل است . به علت مستهلک شدن بیش از حد انرژی در قطعات فرسوده ، لزوم جایگزینی آنها با قطعات جدید بیشتر می‌شود (به مثال پائین مراجعه کنید) .

در آینده تصمیم‌گیری در مورد خرید یک پمپ نه تنها بر مبنای قیمت خرید آن بلکه با درنظرگرفتن طول عمر قطعات متشکله آن صورت خواهد گرفت و برای این کار از آمارهای موجود در مورد پمپهای مشابه که قبلا" نصب و راه اندازی شده اند ، استفاده خواهد شد .

وسایل اندازه‌گیری مقدار ارتعاش محور ، میزان افزایش درجه حرارت کلی پمپ ، درجه حرارت روغن یاتاقانها و جریان بالانس کننده (در پمپهای چندطبقه با پروانه یک طرفه) ، نشان خواهند داد که مقدار راندمان کاهش یافته به علت استهلاک داخلی چقدر است . این اطلاعات وضعیت قطعات داخلی پمپ را روشن کرده و به مسئول پمپ این امکان را خواهند داد که قبل از خرابی بی‌موقع دستگاه نسبت به تعویض قطعات معیوب اقدام کند

Example:

Pump data: Q = 3.0 m³/s = 47 500 US gpm
H = 400 m = 1 312 ft

Type = 2-stage/double entry (2d)

		Variant 1	Variant 2
n	(min^{-1})	1000	1500
n_q		~ 23 (U.S. = 1190)	~ 35 (U.S. = 1780)
$\eta_{tot}/_{new}$	%	~ 86,0	~ 88,0
$\left(\frac{S_D}{D_L}\right)/_{new}$	‰	1,5	1,5
$\left[\frac{Q_L}{Q_{00}}\right]_{new}$	%	2,3	1,4
$\left[\frac{S_D}{D_L}\right]_{old}$	‰	$2 \cdot \left[\frac{S_D}{D_L}\right]_{new} = 3$	$2 \cdot \left[\frac{S_D}{D_L}\right]_{new} = 3$
$\left[\frac{Q_L}{Q_{00}}\right]_{old}$	%	5,5	3,6
$\Delta\eta$	%	3,2	2,2

فهرست منابع :

(1) D. FLORJANCIC , G . FUSSLE : Application Limits of Different Pump Types for Trans_porting Wator Set by Cavitation , Corrosion , Erosion and Specific Installation Conditions . Pump Diviston , Sulzer Brothers Limited , Winterthur , Switzerland.

(2) D. FLORJANCIC : Net positive suction head for feed pumps . VGB Kraftwerkestechnik 60 , No . 12 , Dec . 1980

(3) J. GOLICH : Ahnlichkeitskenngrossen fur Saugfahigkeit Blasenausbreitung bei Pumpen.

(4) D. FLORJANCIC , J . WEBER ; Metallurgical Considerations in the Design of Pumps with High Flow Velocities . ASME November 1981.

(5) G. C . PINI , J . W5258 ; Materials for Puming Sea water Media with High Chloride Content . Sulzer Technical Review 2/1979.

تاریخ تکامل پمپ (۱)

مهندس علی وکیلی‌تهامی

Irrigation in ancient times (relief from Nineveh. 7th century B.C.)

پیشگفتار:

هرصنعتی مانندحوامع وانسانها سرگذشت وتاریخی با خوددار د وبالابردن توانایی های دست اندرکاران آن‌صنعت درگرواطلاع ازچندوچون سیرتکامل آن است. به‌منظورآشنایی بیشترخوانندگان سری مقالاتی درزمینه‌سیرتکامل پمپ به‌نگارش‌در می‌آیدوامیداست بدینوسیله‌گامی هرچندکوچک دراین راه‌برداشته‌شود.

پمپهای امروزی می‌توانندهزاران مترمکعب آب رابه‌ارتفاع صدها مترجابجاکنند وکارهای آبرسانی شهرها ،معادن ،صنایع و... رابه‌راحتی انجام‌دهند .طراحی پیشرفته وکارکردآرام‌وموثرپمپهای امروزی ظاهرا "هیچ شباهتی به‌انواع اولیه‌آن که‌به مانندا ختراعی حیرت‌آوربه‌خدمت کشاورزی درآمده‌اند ،ندارند.

اولین نمونه‌های پمپ درمصرباستان ،مسوپوتامیا (**Mesopotamia**)ساخته شدند ،چون درآن منطقه‌ثابت شده‌که‌برای برداشت هرساله‌محصولات کشاورزی ، آبیاری مزارع با استفاده‌ازآب رودخانه‌نیل ضروری است ،درابتداکشاورزان یابهتربگوییم زنان کشاورزان ،آب رابا ظروفی ازرودخانه‌برداشته‌وبه‌مزارع حمل می‌کردندواین وظیفه‌ای کمرشکن بود .سپس شخصی وسیله‌ای بنام (شدوف **Shadoof**) اختراع کرد که‌عبارت‌بودازتیری چوبی که‌مانندیک الاکلنگ ساخته‌شده‌بودوازیک طرف آن ظرفی آویزان بودوازطرف دیگروزنه‌ای .مطابق شکل ۱. این وسیله‌حدودا "در۳۵۰۰ سال‌پیش اختراع شده‌وهنوزهم‌دربسیاری ازکشورهای جهان ،که‌درآنها نیروی فیزیکی انسان تنها جایگزین باران محسوب می‌شود ،مورداستفاده‌قرارمی‌گیرد.

استفاده‌ازشدوف روش ابتدائی خوبی برای جابجائی آب درفواصل کوتاه‌بود. ارتفاع کارشدوف رامی‌توانستندباکشیدن نقطه‌اتکای تیرچوبی به‌طرف وزنه‌واضافه کردن به‌مقداروزن آویزان ، افزایش‌بدهند. ولی حتی بااینکارهم‌شدوف تنها در ارتفاعات کم‌می‌توانست مورداستفاده‌قرارگیرد.

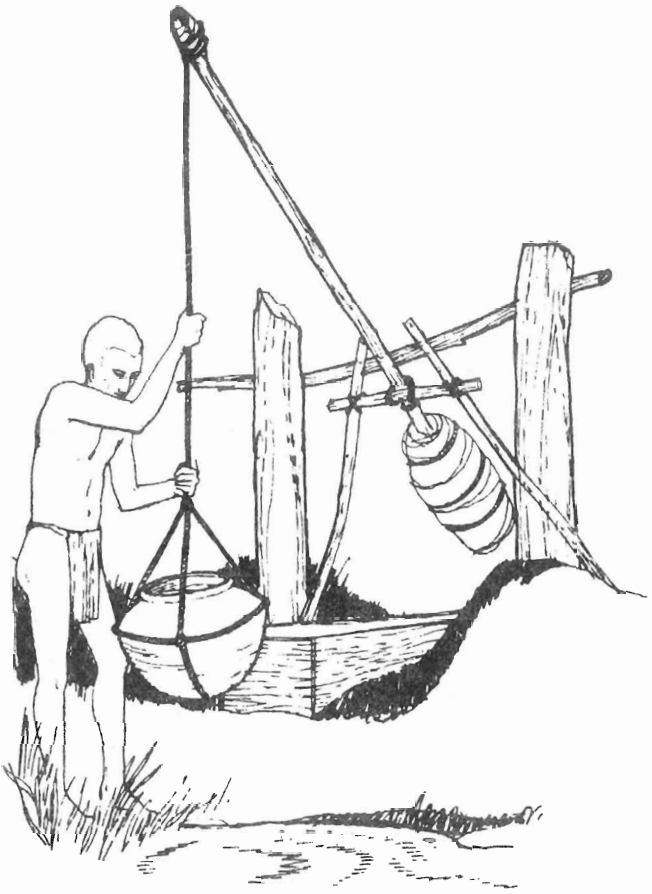
قدم‌بعدی زمانی برداشته‌شدکه‌چینی‌ها چرخ چاهی درساحل رودخانه‌برپاکرده‌وطناب حلقوی شکلی راکه‌ظرف آب به‌آن متصل شده‌بود ،به‌دورآن بستند .چرخ چاه‌عمدتا "با نیروی دست به‌حرکت در می‌آمده‌این عمل کاردشواری می‌بود ،ولی می‌توانست آب رابه

ارتفاعی خیلی بیشتر از آنچه که شدوف بالا می‌برد، برساند. یونانی ها ایده بهتری داشتند که بعدها بیشتر به وسیله رومی‌ها مورد استفاده قرار گرفت. آنها چرخ آب بسیار بزرگی ساختند که قسمت پائینی آن توی رودخانه فرمی‌رفت درحالی که قسمت بالائی چرخ هم‌تراز محل موردنظر برای ریختن آب بود و ظروف آب برمحیط چرخ آویزان می‌شدند. بدینوسیله لزوم کار سخت از بین رفت چون دیگر رودخانه چرخ آب کشی را به حرکت درمی‌آورد و با چرخش خود ظروف را پشت سرهم از آب رودخانه پر می‌کرد و به بالا می‌رساند.

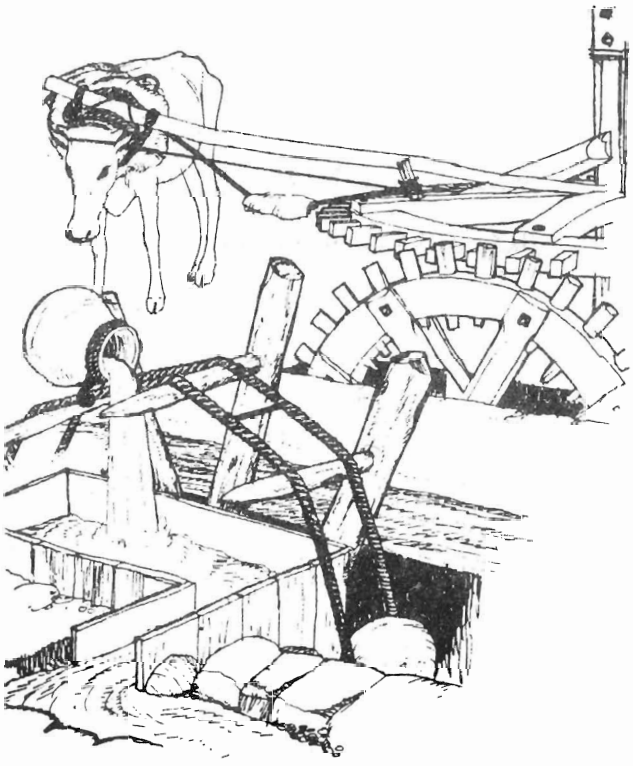
این اختراع (نوریا noria) نام داشت و هنوز هم از آن استفاده می‌شود. از این سیستم در نقاط مختلف با تغییراتی استفاده می‌شد، مثلا" به‌عوض استفاده از ظروف، محفظه‌هائی که درخود چرخ می‌ساختند مورد استفاده واقع می‌شد که راه حل بهتری برای بالا بردن آب بود. با این حال اصول کلی سیستم چندان فرق نمی‌کرد یعنی رودخانه کار را انجام می‌داد. تنها اشکال واقعی آن بود که برای بالابردن آب به ارتفاعات زیادتر چرخهای عظیمی می‌بایست ساخته می‌شد که مسایل دشواری را از نظر مهندسی بدوی به وجود می‌آورند. اگرچه قطر این چرخها حتی از ۱۲ متر هم بیشتر می‌شد ولی چرخهای با قطر ۱۰ متر معمول تر بودند (شکل ۲).

ایرانیها در استفاده از روش قدیمی طناب حلقوی با ظروف بسته به آن، که برای بالا بردن آب به ارتفاعات زیادتر مورد استفاده قرار می‌گرفت، راه حلی مخصوص به خود داشتند و وسیله‌ای ساخته بودند بنام (ساکیه sakieh). در این روش مثل قبل حلقه طناب بداخل آویزان می‌شد، اما این بار چرخهای دندانه‌داری به آن اضافه شده بود که به وسیله گاو نری چرخانیده می‌شد مطابق شکل ۳. تمامی اینها وسایلی بودند که مکانیزم آنها برای عموم نسبتا" قابل فهم بود و از مهارتها و موادی در آنها استفاده می‌شد که اغلب در دسترس همگان قرار داشتند و ساخت آنها اغلب موضوع بی‌سابقه‌ای محسوب نمی‌شد. لیکن وسیله‌ای در آن زمان ساخته شد که باید به‌عنوان یکی از اختراعات مکانیکی جهانی از آن نام برد که سیستم کار آن در بعضی پمپهای پیشرفته امروزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

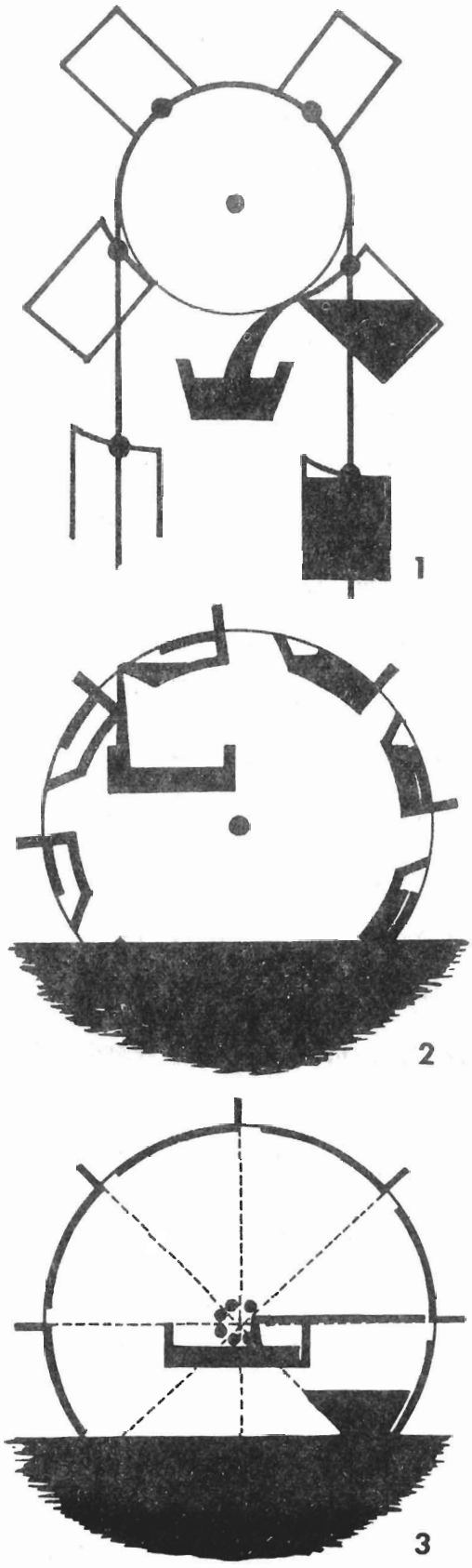
این وسیله پیچ ارشمیدس نامیده می‌شد ولی اختراع آن درواقع توسط یک مصری گمنام صورت گرفته بود. این شخص لوله‌ای از جنس چرب یا شاید سرب را به دور محوری پیچیده و دسته‌ای در بالای آن قرار داد. وقتی پائین لوله در داخل آب قرار می‌گرفت و دسته به حرکت درمی‌آمد، آب در لوله بالا می‌رفت. ارشمیدس بعدها این وسیله را تکامل داد. بدین معنی که از محوری که پره‌هایی مانند پیچ به آن بسته می‌شدند و مجموعه در داخل لوله‌ای قرار می‌گرفت، استفاده کرد. این بار پره‌ها آب را به بالا می‌راندند مطابق شکلهای ۵ و ۶.



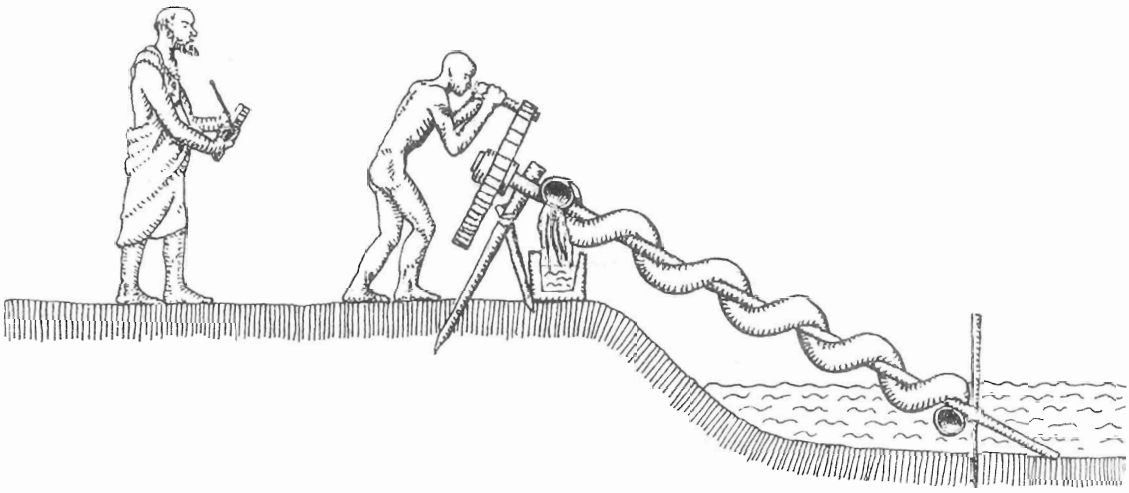
شکل ۱ـ شدوف



شکل ۳ـ ساکیه



شکل ۲ـ انواع چرخهای آبی



شکل ۴ـ پیچ ارشمیدس

مزیت بزرگ پیچ ارشمیدس قابلیت حمل آن بود و با این خصوصیت خود بسیاری از مسایل وسایل آبیاری آن زمان را حل می‌کرد. ساکیه و شدوف آب را به جوی های اصلی‌ای که در سرتاسر مزرعه کشیده می‌شد، می‌ریختند. اما با رایس مسئله باقی می‌ماند که چگونه آب را از جوی های اصلی به جویهای فرعی‌ای که گیاهان در اطراف آن کاشته می‌شدند برسانند چون این جویهای فرعی معمولا "چندفوت بالاتر از جوی اصلی بودند و پیچ ارشمیدس راه حلی برای این مسئله به دست می‌داد.

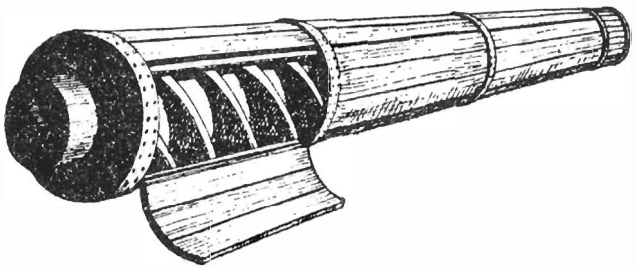
یکی از معمولیترین مناظر در روستاهای مصر منظره حمل پیچ ارشمیدس ۴ فوتی بر پشت الاغ توسط دهقانان است. دهقانان به وسیله این دستگاه آب را از جویهای اصلی به جویهای فرعی می‌رانند.

شدوف، ساکیه و پیچ ارشمیدس ماشین هایی بودند که هزاران سال مورد استفاده قرار گرفتند. آنها به راحتی از مواد ساده ساخته می‌شدند و در هرکجای دنیا که ضرورتی بوجودشان بود مورد استفاده قرار می‌گرفتند. اما اختراع دیگری نیز در زمان باستان صورت گرفت که در زمان خود کمتر به اهمیت آن پی برده شد. در ۱۲۰ سال قبل از میلاد مسیح شخصی، شاید ریاضی دان یونانی تسیبیوس **Ctesibius**، اولین پمپ فشاری را اختراع کرد. پمپ مذکور دو سیلندر داشت که به پیستونهایی که به یک محور متصل می‌شد مجهز بود و دبی تقریبا "ثابتی به دست می‌داد. این پمپ اولین پمپ آتش نشانی در تاریخ است و نیای واقعی پمپهایی است که امروزه می‌شناسیم. این پمپها با نیروی عضلانی انسان کار می‌کردند. اوضاع برهمین منوال بود تا اینکه نیروی بخار مهار شده و مورد استفاده قرار گرفت و عاقبت بشر قادر به پمپاژ مایعات در اندازه‌های زیاد شد.

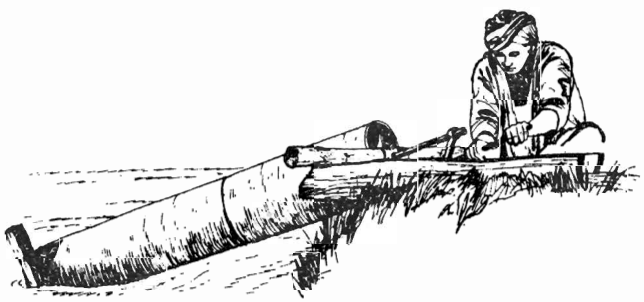
درحقیقت تصوراین واقعیت کارمشکلی است که تا سه قرن قبل تنها نیروی قابل اعتماد ،عضله انسان یا حیوان بودوبس . درست است که چرخهای بادی وآبی نیزوجود داشتندولی کارآنها به وضعیت آب وهوا بستگی داشت وحتی دربهترین حالت به ندرت توانی بیشتراز ۱۰ اسب بخار تولیدمی‌کردند . اگرکاری بودکه به وسیله انسان یاحیوان نمی‌توانست انجام شودآن کار معمولا "صورت نمی‌گرفت .خلاصه آنکه مردمان قدیم ازمبحث نیروتصوررایج امروزی رانداشتند .

تقریبا "به مدت ۳۰۰۰ سال هیچ تغییری درموردروشهای جابجایی آب صورت نگرفته بود .گاونری که چرخ آب را می‌چرخاند درسرتاسرروزتنها می‌توانست چهاردهم هکتاررا آبیاری کند .همچنین مردی که باشدوف کارمی‌کرددرطول روزقادربودفقط ۲۰۰۰ لیترآب را به ارتفاع ۲ متری برساند .این روشها همگی ازچنان قدمتی برخوردارندکه هیچ کس به درستی زمان آغازآن رانمی‌داند .

ادامه دارد



شکل ۵ ـ نوعی ازپیچ ارشمیدس ساخته شده ازچوب که دراسپانیا یافت می‌شود .



شکل ۶ـ یک کشاورزعرب که با یک پیچ ارشمیدس مشغول آبیاری است .