

東京都水道局水元給水所用電機設備

* 山本総一郎(やまと そういちろう)・* 多賀谷勇穂(たがや ゆうほ)・** 高橋 金博(たかはし かねひろ)

① まえがき

水元給水所は、東京都水道局の第4次利根川系水道拡張事業の一環として昭和52年に建設に着手し、昭和56年末に完成した。同給水所は、現在建設を進めている三郷浄水場から練馬給水所へ送水する中継基地として建設されたものであるが、当面は、金町浄水場から東南幹線の一部を利用して浄水を受水し、これを練馬給水所へ圧送するものである。

主要な電機設備としては、

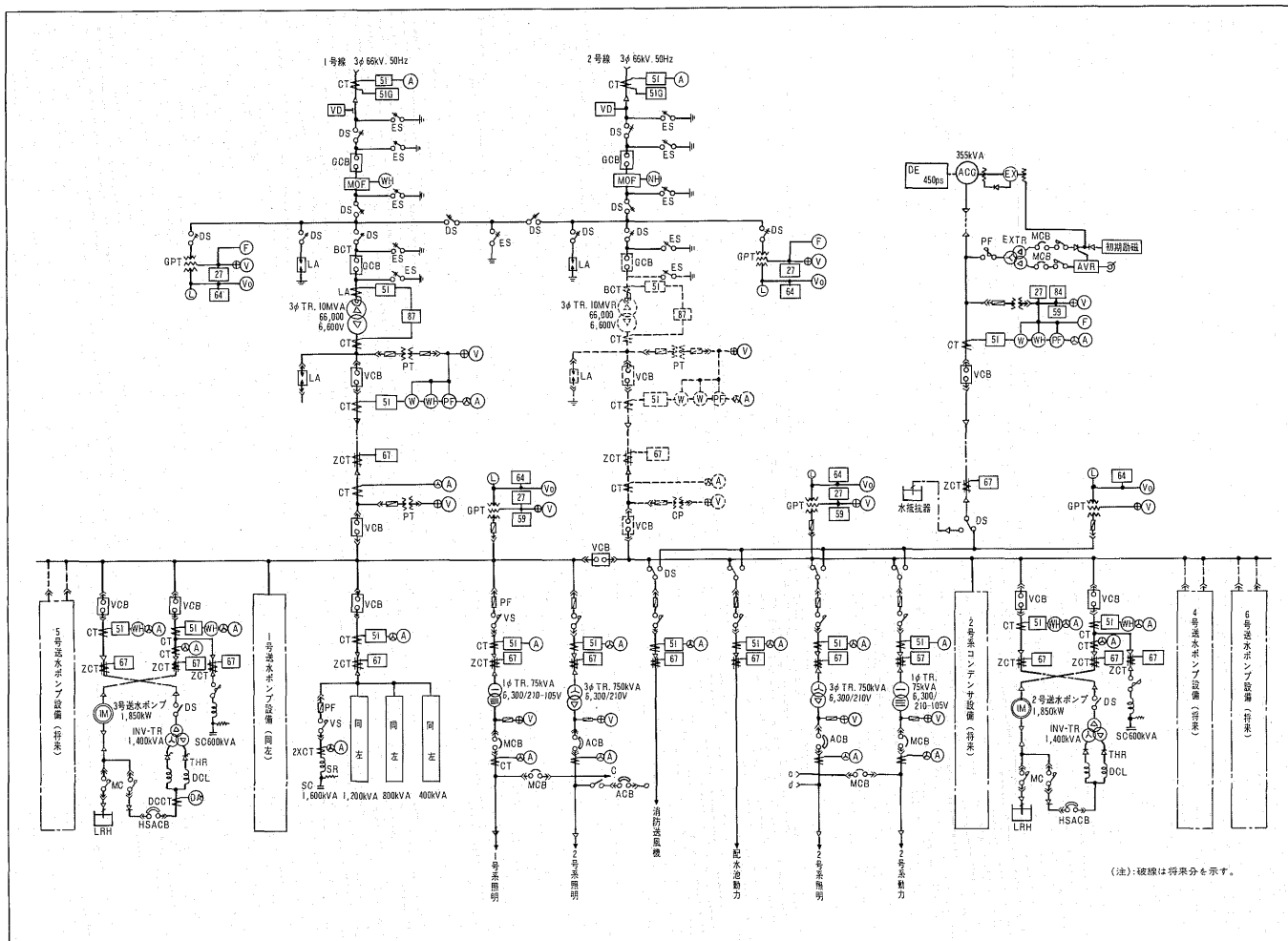
- (1) 66kV ガス絶縁密閉形開閉装置
- (2) 10MVA 油入変圧器
- (3) 1,850kW 誘導電動機
- (4) 同上用サイリスタセルビウス装置
- (5) マイクロコントローラシステム(MICREX-E, LOG-μ)

② 受電設備

本給水所は66kVを常用-予備の2回線で受電し、10MVA油入変圧器によって6.6kVに降圧し、各負荷に給電している。受電設備にはガス絶縁密閉形開閉装置(GIS)を採用しており、SF₆ガスで絶縁された遮断器、断路器、計器用変成器、避雷器、母線などを圧力容器内に収納し、一体化したものである。

GISは、設置スペースが縮小できる、各機器が容器内に収納されているので設置される環境の影響を受けず保守も省力化できるなどの特長を持っているが、一方、従来の目視点検を主体とした保守のほかには外部からの測定器による保守

図1 単線結線図



が必要である。本給水所には、今回受電変圧器が1台設置（将来1台増設）されるため、GISの受電回路は共通部分を除き常用側、予備側が各々独立して負荷給電を行いながら保守点検が行えるよう、保守の最小ブロック（保守区分）を用意している。この保守区分に基づいて、

- (1) ガス区分
- (2) 制御電源の分離
- (3) 保守用の機器（接地装置、メガリング端子など）の設置

などを行い保守作業を容易にしている。

ガス区分図を図3に示す。

③ 動力設備

本給水所の主要動力負荷は送水ポンプであり、水需要の変動に対して効率良く送水流量、圧力を制御するためにサイリスタセルビウス装置を設置し、60～100%の範囲の速度制御を行っている。また、電動機の始動並びにセルビウス装置の異常時のバックアップ用に液体抵抗器が設置されている。

3.1 三相誘導電動機

電動機は立軸全閉内冷形で、負荷時の騒音が70dB（Aレンジ）の低騒音形であり、冷却器配管には水漏れ対策として脱酸銅二重管を採用している。大形の電動機であるので、保守点検作業が容易となるように付属器具にも細かな配慮を行った。

また、吐出弁、逆止弁が全閉しない異常時には送水がポンプを通して逆流するため、電動機は150%10分間の逆転に耐え得る構造とした。

電動機にはパルスの位相で逆転が判定できるデジタル式速度検出器を設置し、電動機及び送水系の異常現象を操作員に知らせる。

3.2 サイリスタセルビウス装置

サイリスタセルビウス装置は瞬時停電対策付で、1秒以内の停電に対しては送水ポンプを停止することなく運転が継続できるようになっている。従来、瞬時停電後の速度は急速に設定回転速度に復帰していたが、今回は速度復帰が

瞬時停電時の水撃現象を助長しないよう復帰パターンを決め、これに従ってゆるやかに設定値に戻るような制御回路を

図3 ガス区分図

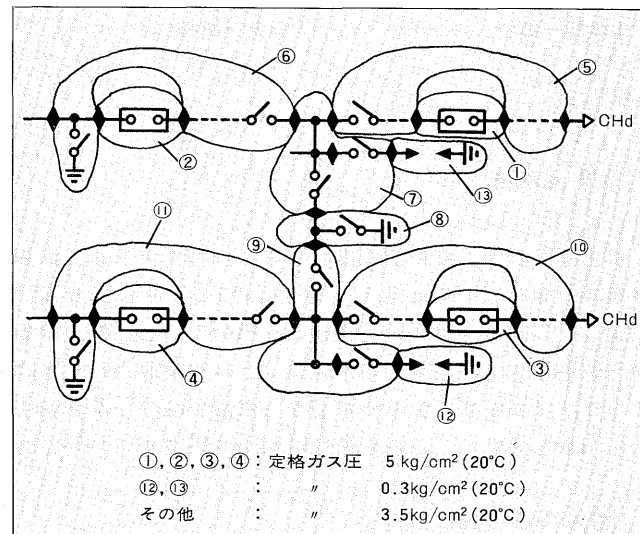


図4 1,850kW 立軸全閉内冷形巻線形誘導電動機

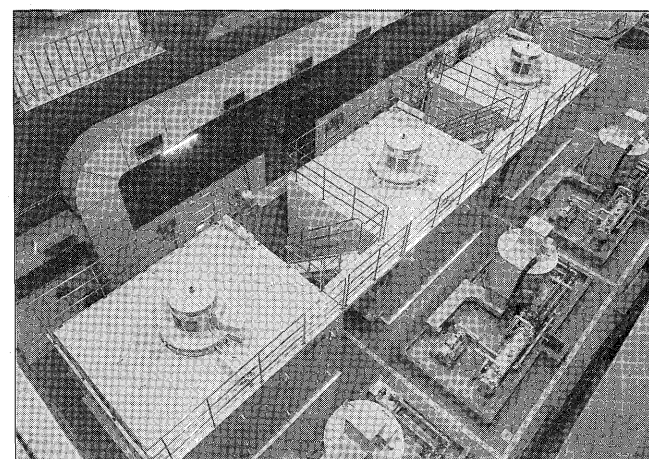


図5 サイリスタセルビウス装置単線結線図

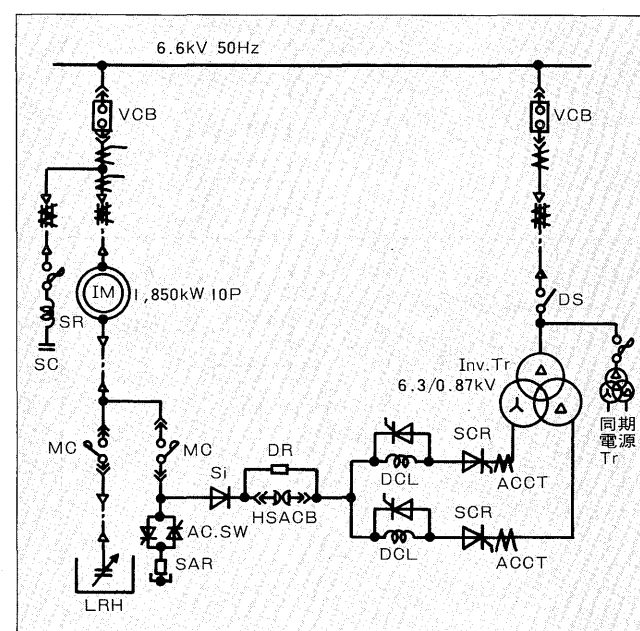
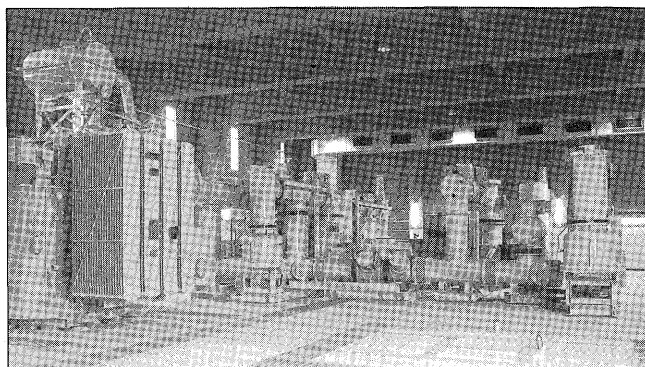


図2 66kV ガス絶縁開閉装置



速度制御装置に組み込んでいる。この復帰パターンで実際の送水管路において瞬時停電後、設定回転速度に復帰する様子を図6に示す。

また、瞬時停電復帰時の電動機二次電圧上昇及び電動機一次電流の突入を抑制する目的で、順変換器入力側に制限抵抗を挿入するとともに逆変換器を12相方式として、電源側に流出する高調波の低減を図るなどの配慮がなされている。

4 監視制御設備

4.1 システムの構成

本給水所の監視制御設備のマンマシンインタフェースは、プラントの状態を常時監視できる監視盤、遮断器の開閉及びポンプの運転、停止などの機器の操作を行う操作デスク、そしてプロセス制御の設定、監視を主体としたオペレータコンソール、時報日報の作表用及び運転故障の記録用のタイプライタによって構成される。

プロセスの監視制御は、制御用マイクロコントローラ(MICREX-E)、ロギング用マイクロコントローラ(LOG-μ)、シングループコントローラ(コンパクトコントローラ)が互いにデータウェイによって結合されたマイクロコントローラシステムによって行っている。

このシステムの特長を下記する。

- (1) シングループコントローラ、制御用マイクロコントローラのいずれかに異常が認められた場合、相互にバックアップを行えるようにし、マイクロコントローラシステムの一部停止がシステムの制御停止とならないようにしたこと。
- (2) 各制御ブロックごとに入出力装置(リモートI/O)を設置し、機能ごとの分散化システムによる信頼性の向上

を図ったこと。

- (3) 距離のある配水池関係の現場-中央間の信号伝送用に入出力装置を用いたこと。
- (4) 制御モード切換時に生ずる設定値の急変に対し、切換がゆるやかに移行するためのショックレス切換演算を行うこと。
- (5) 本給水所専用のオペレータコンソールを設置し、プラズマディスプレイ装置による制御に必要な情報の把握と設定値の変更、制御モードの切換が簡単に行えるようにしたこと。

図7 マイクロコントローラシステム系統図

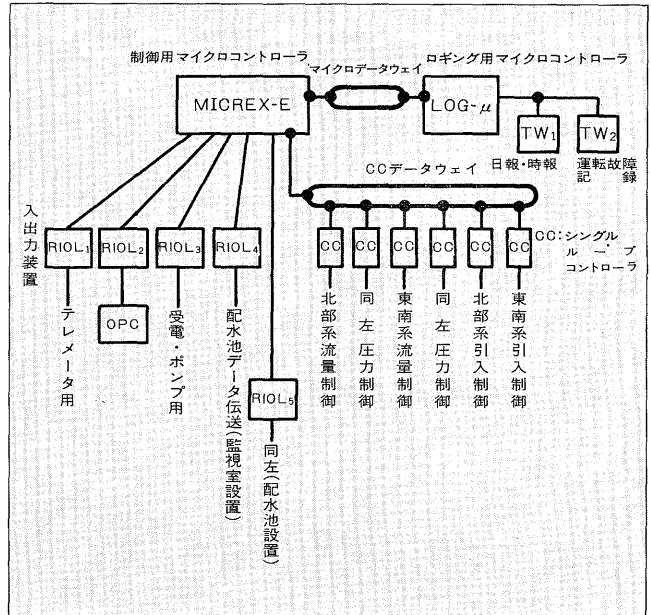
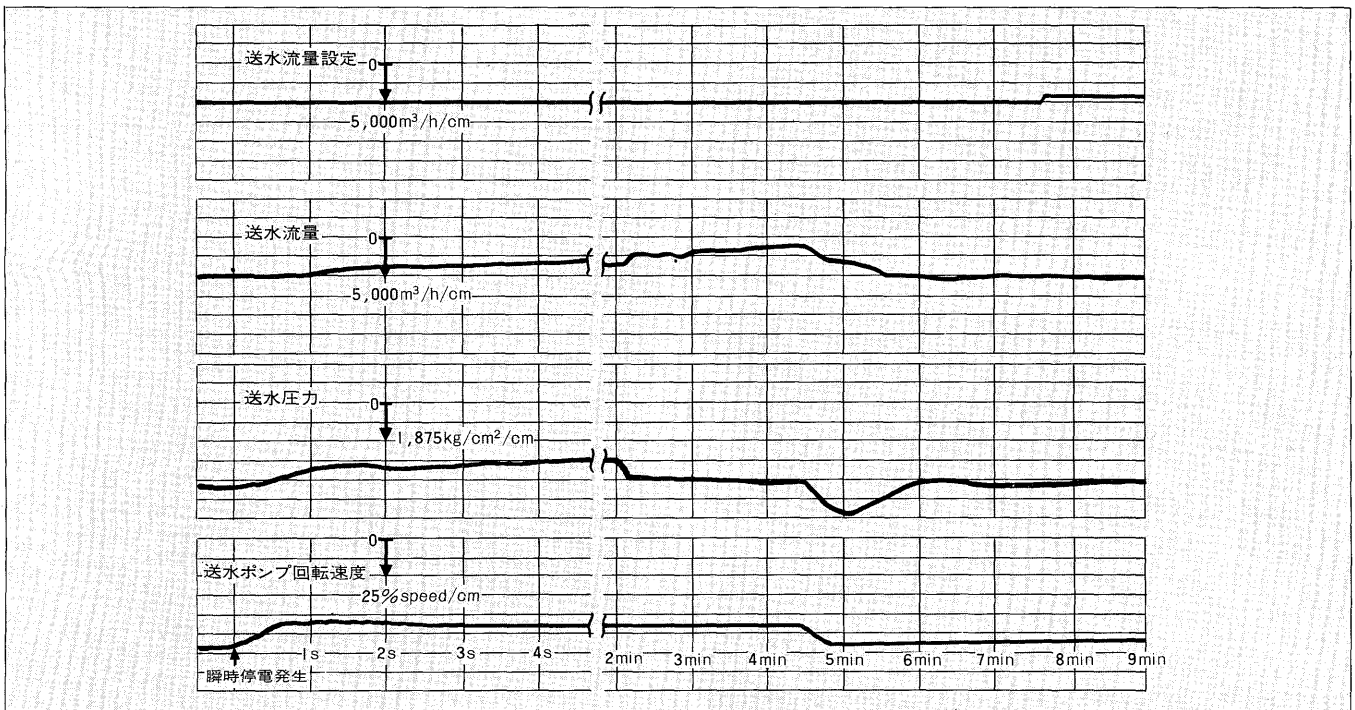


図6 瞬時停電後復帰状態オシログラム



4.2 ソフトウェアの構成

マイクロコントローラシステムの採用により、従来大規模な計算機システムでしかできなかった各種プロセス値のチェック、送水本管の異常、ポンプキャビテーションの監視、ポンプ運転状態の監視などのプロセス監視機能を制御機能に付加することができた。

監視制御項目は、表1のとおりであるが、その主な機能について概要を説明する。

4.2.1 力率制御

従来、力率制御は無効電力制御又は力率制御のいずれかの方法で行われているが、今回の力率制御ではこの両方を兼用する方式を採用した。この方式は、無効電力量制御では不可能であったきめの細かい力率制御を可能とし、また力率制御では複雑となる投入容量の演算を簡単とした点、設定によって無効電力制御又は力率制御のいずれの方式でも制御ができる点が特長である。

具体的には、現在無効電力に対し運転点を設定容量ヒステリシスの範囲に入れるためのコンデンサ容量を演算して、これに見合うコンデンサバンクの組合せを決め、該当するバンクに入切指令を出力している。

4.2.2 ショックレス切回路

ポンプの制御方式には、自動による送水圧力制御、送水流量制御があり、これらのモード切替は任意に可能で、圧力、流量の設定値は相互の関連がないためにモード切替時

図8 マイクロコントローラ

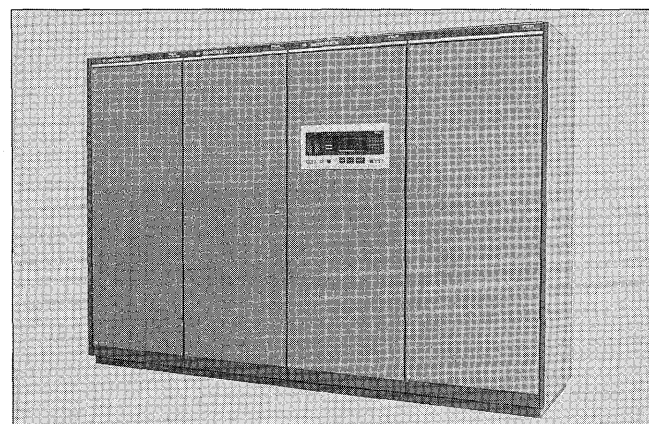
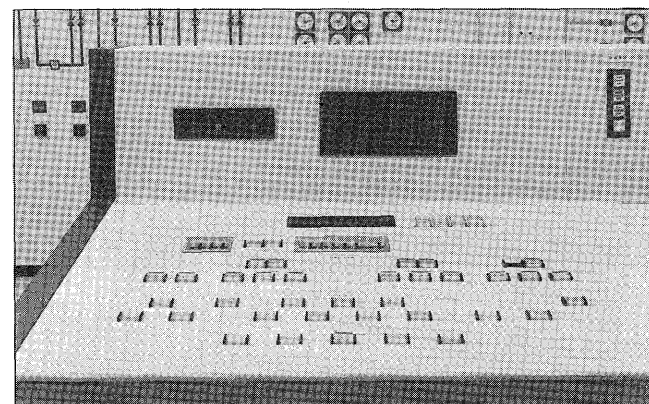


図9 オペレータコンソール



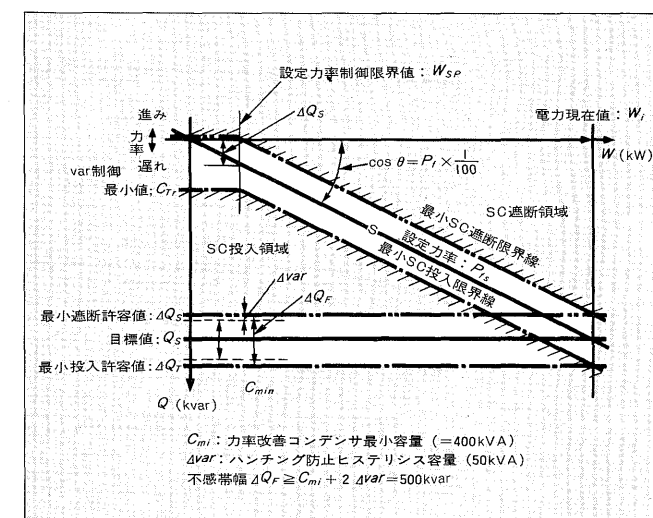
に設定値が急変することもある。そこでモード切替時には、いったんショックレス切回路で操作量をゆるやかに変化させ、現在値と設定値が接近したところでモードを切り換えて制御を開始させる方式として切替時の負荷急変を抑制している。

この方式によれば、通常の制御に対する制御系に最適なPIDと切替時の操作量の変化率とが独立して設定できるので、操作量の変化率が少なくなって通常の制御が緩慢にな

表1 監視制御項目一覧表

項	区 分	監 視 制 御 内 容
1	監視項目	デマンド警報
2		入力データチェック
3		北部系配管異常警報
4		東南系 同上
5		北部系ポンプキャビテーション警報
6		東南系 同上
7		流量圧力計測値チェック
8	制御項目	力率制御
9		北部系圧力制御
10		東南系 同上
11		北部系流量制御
12		東南系 同上
13		北部系流量プログラム制御
14		東南系 同上
15		北部系ショックレス切換
16		東南系 同上
17		北部系最適台数プログラム
18		東南系 同上
19		北部系号機ガイダンス
20		東南系 同上
21		1号池流入量プログラム制御
22		2号池 同上
23		1号池流入量制御
24		2号池 同上

図10 力率制御ベクトル図



るといった不都合が生じない。

4.2.3 キャビテーション警報

ポンプの運転点は、圧力又は流量制御による回転速度調整ではポンプがキャビテーション領域に入らないよう台数制御範囲を設定するが、シングループコントローラによるバックアップ運転及び手動の回転速度調整時には、この領域に入る可能性がある。ポンプはキャビテーションによって羽根車に損傷を受けるため、この領域での運転は極力避けなければならない。ポンプ1台ごとに監視するのが理想的であるが、ここでは合流点の送水圧力、流量によって監視している。具体的には、配水池のLWLとポンプのNPSHカーブから求めた1台のポンプのキャビテーション領域を $Q-H$ 軸上に折れ線近似して記憶させておき、送水流量を運転台数で割ったポンプ1台当たりの Q 、ポンプ吸込側の配水池水位と送水圧力によって求めた H によって、現在の運転点がキャビテーション領域であるかの判定を行っている。

4.2.4 台数プログラム、オペレータガイダンス

本給水所の主要機器の操作は、すべて操作員の判断を介した手動操作によって行われている。ポンプの台数追加削減操作に関し、オペレータガイダンスを出してその判断を助けるようにしている。オペレータガイダンスは、あらか

図11 ポンプキャビテーション領域

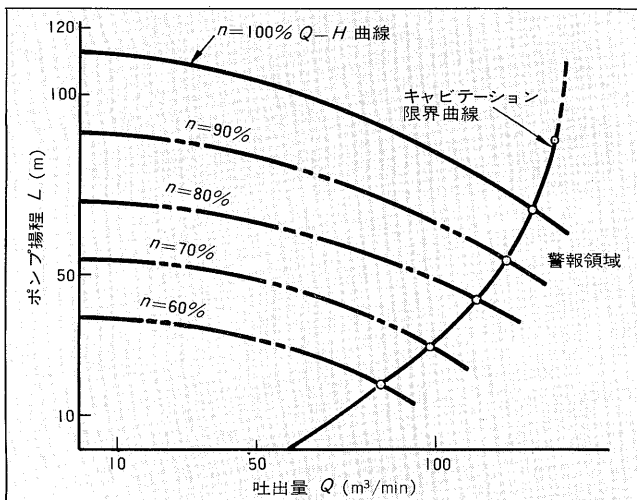
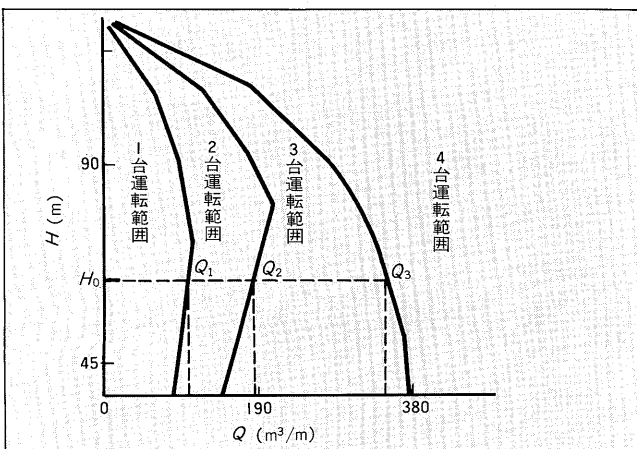


図12 ポンプ高効率運転範囲



じめポンプ、電動機、サイリスタセルビウス装置の各効率特性をもとに大形計算機によって高効率運転範囲を求め、これを折れ線近似して $Q-H$ 軸上に記憶させておく。送水流量、圧力、ポンプ吸込側圧力を読み込んで、この $Q-H$ 軸上の何台運転の範囲に入っているかを判断し、現在運転台数と比較して追加、削減台数を決定する。運転可能なポンプ号機を運転停止頻度の少ない順に並べたテーブルから順次追加又は削減の指示、号機の表示を行う。このとき操作員の注意を促すためにチャイムを鳴らしている。

4.2.5 配水池流入制御

配水池への受水は三郷浄水場と金町浄水場からの浄水で、三郷浄水場からの受け入れは、水元給水所に直接送水されてくる場合と三郷浄水場から練馬給水所に加圧送水された浄水を途中で分岐し受け入れる場合がある。分岐し受け入れる場合は約 3.5kg/cm^2 以上の圧力であり、減圧する必要があるためロート弁とハウエルバンガー弁の組合せによって流入量制御を行うが、ロート弁の開度によっては、減圧量が大きい場合ロート弁自体がキャビテーションを起こす可能性がある。そこで開閉するロート弁の台数と開度を制御してキャビテーションの発生を抑える方式としたが、制御方式が複雑となるためマイクロコントローラに制御回路を組み込んでいる。

まず、1台がキャビテーションを起こさない開度可変範囲で流入量制御を行い、その上限開度に達すると2台目が追加される。1台目の弁は2台時の下限開度に向かって開度を変え、2台目がこの開度に達すると2台の弁が開度をそろえて開度可変範囲内で流入制御を行う。

5 あとがき

水源が不足する傾向にあると、複数の水源の水を融通し合って需要をまかなう必要が生じてくる。本給水所の電機設備は、このような目的に沿って建設されたポンプ場の一つの典型である。

この種のポンプ制御による給配水管理は、今後の水道事業の中で重要なものとなるであろう。

最後に、本電機設備の納入に際し、御指導頂いた東京都水道局殿、三菱重工業(株)殿の御担当各位にお礼を申し上げます。



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。