

冷却塔の省エネシステム

Energy Saving System For Water Cooling Tower

技術開発本部

佐野 滋
Shigeru Sano

A sharp rise in the cost of electricity in the wake of the so-called oil crisis has brought about a recent trend for industries to take measures that reduce power consumption.

Cooling tower, too, is no exception to this and reduction of its fan power cost has been attracting public attention.

This report discusses our energy conservation measures, and gives an outline of tests conducted on a tower currently in use, an evaluation of various energy conservation methods, and an example of our energy saving power in actual operation.

近年、オイルショック後の電力料金の高騰から、各種産業のあらゆる設備に消費電力を削減する省エネ対策が行われて来ている。冷却塔設備においても例外ではなく、そのファン動力費の削減がクローズアップされている。

本稿は、この冷却塔ファンの省エネ対策について言及したもので、その内容は、当社のファン省エネシステム、実稼動塔でのテストの概要、さらには、いろいろな省エネ方法を採用した場合の省エネ効果の比較検討例、および当社が納入した事例の紹介をまとめたものである。

1. ま え が き

近年、オイルショック後の電力料金の高騰から、各種産業のあらゆる設備に、消費電力を削減する省エネ対策が行われてきている。

プラントの冷却水を循環使用する産業においては、その冷却のための冷却塔設備においても例外ではなく、通風用のファン動力費の削減がクローズアップされている。

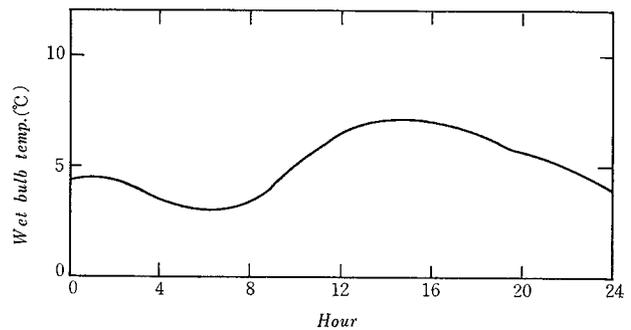
当社は、この冷却塔ファンの省エネシステムに着目し、経済的な省エネシステムの確立に努力してきた。当社が従来納入した多数の冷却塔ユーザー各位との共同検討を通じ、経済的で効果的な省エネシステムのニーズを痛感してきたが、本稿では、当社が行った実稼動塔のテストの概要、および当社の省エネシステム、さらには省エネ効果の検討例を含め、その概要を記述する。

2. 省エネルギー効果

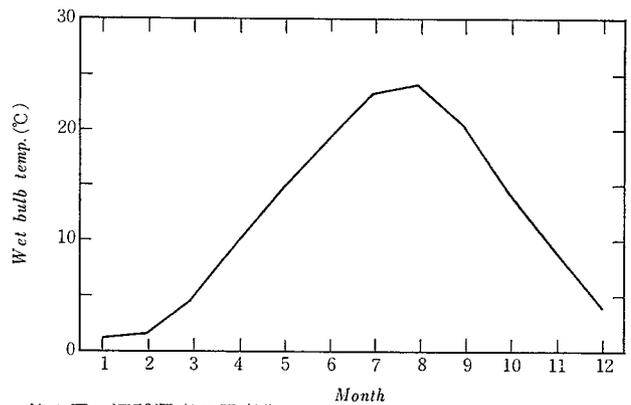
冷却塔は、ほとんどが通常夏期の最高湿球温度をベースにして、その能力が選定されている。湿球温度は、第1図に示す様に日変化があり、さらに第2図に示す様に月変化が生じ、湿球温度が低下した場合、冷却水が必要以上に冷却されることになる。また、第3図に示す様に、湿球温度の変化以外に、負荷の変動によっても冷却水温度が変化する。

従来、冷却塔の運転は、冷却水温度が必要以上に低下した場合でも、冷却塔を連続運転する 경우가多く、運転制御する場合でも、手動操作によりファンのON/OFFや運転台数を制御する等の運転方法が多く、それも月単位に制御するなど、人為的操作によるものであった。

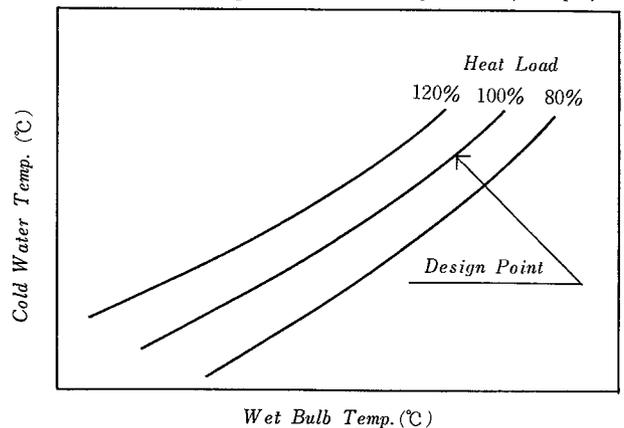
最近では、冷却塔ファンの動力費を節約するために、外気温の変化や負荷の変動に合わせ、冷却塔ファンの運転台数やファンの回転数を自動的に変化させることにより、



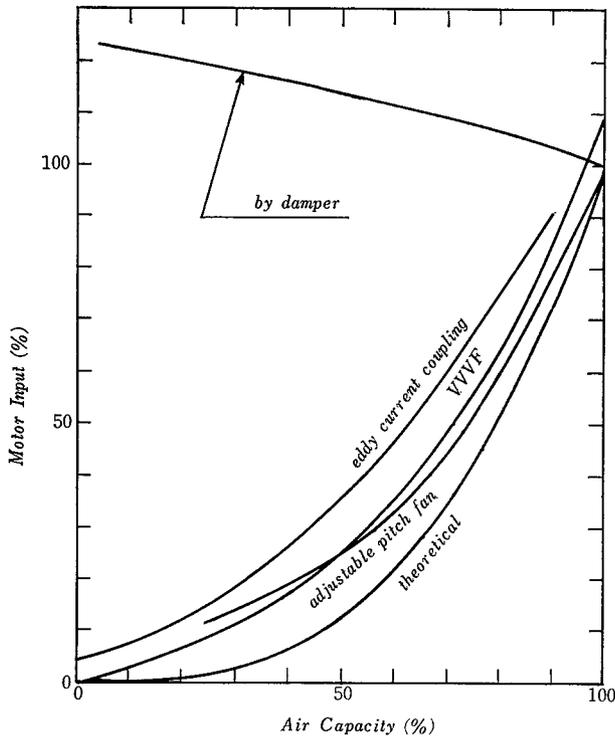
第1図 湿球温度の日変化 (1975年3月当社実験センター)
Fig. 1 Daily change of average wet bulb temperature (observed at our PROVING CENTER in March, 1975)



第2図 湿球温度の月変化
Fig. 2 Monthly change of wet bulb temperature (example)



第3図 冷却性能曲線
Fig. 3 Change of cold water temperature by heat load



第4図 制御方法による動力の比較
 Fig. 4 Comparison of the required power in various methods of air capacity control

冷却水温度を適正にコントロールし、省エネルギーが図れる冷却塔ファン省エネルギーシステムの要望が増加してきている。

3. 風量制御の方法

冷却塔ファンの風量制御の方法には、運転台数の制御、ダンパ開度による制御、ファン回転数制御、ファンピッチ角の制御に分けることができる。次に各方法の特長を述べるが、第4図に制御方法別の部分負荷時の動力の比較を示す。

3.1 運転台数の制御

複数のファンを備えた冷却塔の場合、その一部のファンを、ON/OFF させることにより、冷却塔全体の風量を段階的にコントロールする方法である。ファン台数が多い程、制御段階が多くなり、きめ細かい風量制御が可能となるが、一般には他の方法と組み合わせて用いる場合が多い。

3.2 ダンパ開度の制御

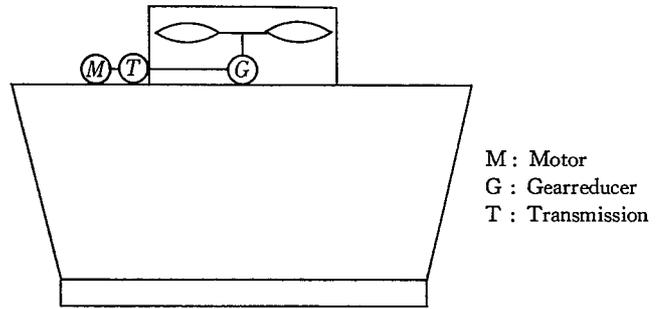
吸込ダンパ、あるいは吐出ダンパにより風量制御することができるが、冷却塔の場合、一般に軸流ファンが使用されており、この場合ファン回転数一定の場合、ダンパにより風量を減らすと所要動力は大きくなる傾向にあり省エネとはならない。

3.3 ファン回転数の制御

ファンには次に示すファン法則がある。

- ① 風量(Q)は、回転数(N)に比例する。 $Q \propto N$
- ② 静圧(H)は、回転数(N)の自乗に比例する。
 $H \propto N^2$
- ③ 所要動力(P)は、回転数(N)の3乗に比例する。
 $P \propto N^3$

ファン法則は、ファン回転数を低下すれば、大きな省エネとなることを示している。すなわち、回転数を $\frac{1}{2}$ にする



第5図 多段変速機によるシステム
 Fig. 5 Rotating velocity control by transmission

と、所要動力は $\frac{1}{8}$ に低下する。実際には、モーターの効率やファン効率が低下するため、理論値通りとはならないが、それでも省エネの有効な方法の一つである。

次に、可変速の方法としては、極数変換モーターや多段変速機による段階制御と、インバータやうず電流継手による連続制御に大別できる。

1) 極数変換モーター

4P/6P, 4P/8Pあるいは4P/6P/8P等の2速または3速モーターにより風量を段階的に制御するものである。

2) 多段変速機

第5図に示す様に、多段変速機をモーターと減速機の間を設置し、これを制御することにより、ファン回転数を段階的に変化させるものであり、油圧クラッチ、フリーホイール、歯車の組合せにより、2段または3段階の変速を行うが、モーターは常時100%運転である。

3) インバータ

誘導電動機の回転数は次式で示される。

$$N = \frac{120 \times f}{P} (1 - S)$$

N : 回転数 f : 周波数
 P : 極数 S : すべり

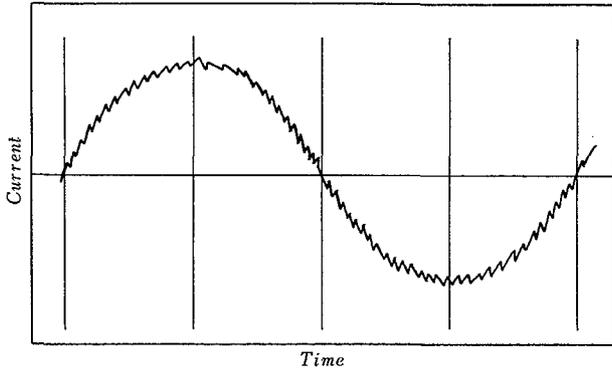
つまり、回転数は、周波数f、極数P、すべりSのいずれかを変えることにより変化させることができる。このうち、周波数fを変化させ、回転数を制御する方法がインバータ(VVVF)を使用した周波数制御方式である。

最近のパワーエレクトロニクス技術の発展により、大容量パワートランジスタが開発され、正弦波PWMトランジスタインバータが登場し、出力電流波形も第6図に示す様に正弦波に近くなり、トルク脈動による影響もほとんど問題にならなくなった。

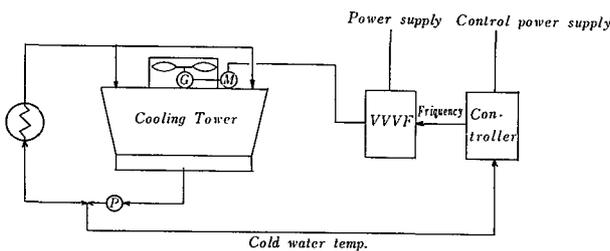
おもな長所として、汎用のかご形誘導電動機を使用できる、高効率である、無段階変速ができる等長所が多くある反面、モーター騒音が高くなる、ラジオノイズが発生する等短所も持ち合わせている。

4) うず電流継手

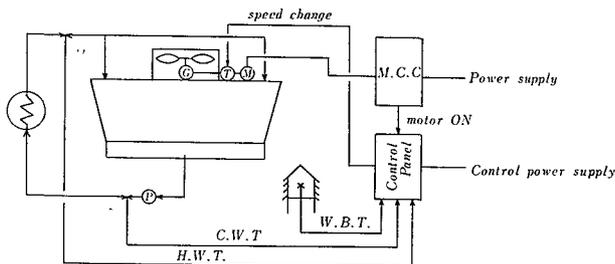
かご形誘導電動機にうず電流継手をつなぎ、この継手におけるすべりを調整して、可変速運転する方法で、手軽な可変速装置として広く用いられている。しかし、継手ですべった分の電力は、熱損出として捨てるため、効率は高くない。



第6図 正弦波PWM出力電流波形
Fig. 6 Output current by Sine wave Pulse Width Modulation



第7図 インバータによる連続制御
Fig. 7 Continuous rotating velocity control by VVVF inverter



第8図 テストシステム構成図
Fig. 8 Our test tower

3. 4 ファンピッチ角の制御

一般的な冷却塔ファンは、停止時に手でピッチ角可変であるが、ここでいう可変ピッチファンとは、運転中に外部信号により、ファンピッチ角を変更できるものである。

ファン径、回転数等、適正に選定された可変ピッチファンの場合、ピッチ角変更による効率低下も少なく、部分負荷時の動力も、ほぼ風量の3乗に比例し、インバータによる回転数制御と同様に大きな省エネルギー効果が期待できる。しかし現状、湿式冷却塔への適用例は少ない。

4. 当社の冷却塔ファン省エネルギーシステム

当社の冷却塔ファン省エネルギーシステムでは、風量制御方法として、台数制御と極数変換モーター、インバータ、3速変速機等による回転数制御を単独あるいは組合せて使用する。

制御方法は、冷却水温度を検出し、これを一定となる様フィードバック制御を行なう。

制御装置は、コントローラ、シーケンサ等から成り、す

べて標準化されたものを用い、可変速装置や制御台数により、そのソフトウェアを変更することで対応する。

次にインバータを使用した場合のシステム構成図を第7図に示す。また、当社の省エネルギーシステムの特長を以下に列挙する。

- 1) 最新のマイクロプロセッサを使用した計装用コントローラを採用し、冷水温度によるフィードバック制御を行うことにより、シンプルで経済的な制御装置となっている。また、可変速装置も各種選択が可能である。
- 2) 自動制御により、冷却水温度を適正な状態に維持し、かつ、大幅な省エネルギー効果を得ることができる。
- 3) 万一、システムに異常が生じた場合でも、手動操作により従来通りの運転が可能である。
- 4) 既設、新設を問わず採用できる。

5. 冷却塔ファン省エネルギーシステム機能テスト

5. 1 テスト装置

テスト用システムは、冷却塔ファン省エネシステム制御盤、3速変速機、温水及び冷水温度検出器、百葉箱及び湿球温度検出器から構成されており、そのシステム構成を第8図および写真1～3に示す。このシステムを、(株)神戸製鋼所神戸製鉄所殿に納入した冷却塔に設置し、制御機能の確認を行った。

冷却塔仕様

水量	600 m ³ /h
温度条件	50—35—26.5°C
ファン	4270mmφ 9枚翼
モーター	45 kW, 4 P, 440 V, 60 Hz
減速機	27A型 1/5.77
3速変速機	RGA36Z型
減速比	1速—2.02
	2速—1.30
	3速—1.00

5. 2 テスト方法

制御方法を2種類用意し、それぞれの制御機能をテストした。

- 1) 外気湿球温度と冷却水温度を検出し、湿球温度からファン回転数を予測し、さらに、冷却水温度により、これを補正する。フィードフォワードおよびフィードバック制御を行う。
- 2) 冷却水温度だけを検出し、これを一定となる様にフィードバック制御を行う。

以上の両方式によりテストを行ったが、この変更は、ソフトウェアプログラムの変更だけで対応できる。

5. 3 テスト結果

本テストにおいては、フィードフォワード制御とフィードバック制御では、単純な、冷却水温度によるフィードバック制御の場合の方が、外気温度、負荷の変動や、目標設定温度の変化に対する冷却水温度の追従性が良い結果となった。これは、当システムに採用したコントローラの演算能力やメモリーに限界があり、そのため適正なフィードフォワード量を求められないためと考えられ、計測制御用のコンピュータ等を使用し、より高度な制御を行えば、当然、制御精度も向上すると考えられる。

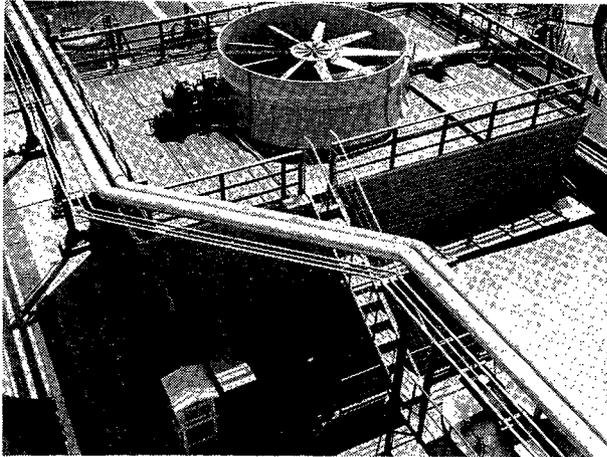


写真1 省エネシステム全体外観
Photo.1 Schematic View of our test tower

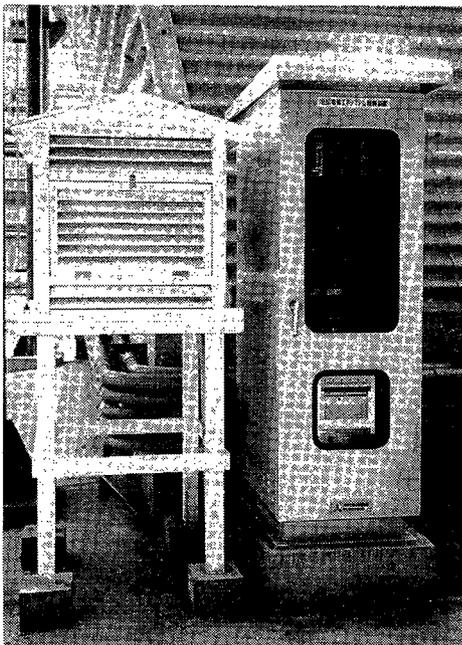


写真2
冷却塔省エネシステム制御盤
(左は百葉箱)
Photo.2
Control panel for energy saving tower (left; Psychrometer box)

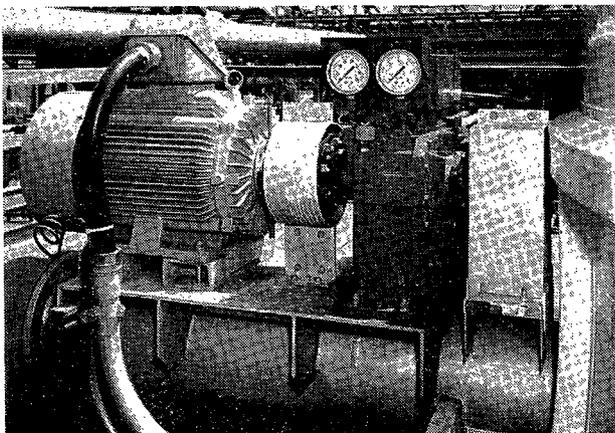


写真3 3速変速機
Photo.3 3-speed transmission

しかし、単純な冷却水温によるフィードバック制御でも制御精度は、実用上十分であり、当社の冷却塔ファン省エネシステムは、原則としてこの方式を採用しており、シンプルで安価なシステムになっている。

6. 省エネシステム適用検討例

次に、モデルケースにより、冷却塔ファンの省エネ効果を試算した結果を示す。

6.1 冷却塔仕様

- 1) 冷却水量 1500 m³/h
- 2) 設計温度 40—30—27°C
- 3) ファン 5490 mmφ, 6枚翼, 227 rpm
42 kW × 2台
- 4) モーター 45 kW, 4P, 440V, 60 Hz × 2台

6.2 検討条件

- 1) 冷却水量 1500 m³/h
- 2) 設定出口水温 30°C
- 3) レンジ 10°C
- 4) 電気料金 15円/kWh
- 5) 湿球温度

月	WBT(°C)	月	WBT(°C)	月	WBT(°C)
1	1.2	5	14.8	9	20.3
2	1.6	6	19.1	10	14.2
3	4.8	7	23.2	11	8.8
4	9.9	8	23.9	12	3.8

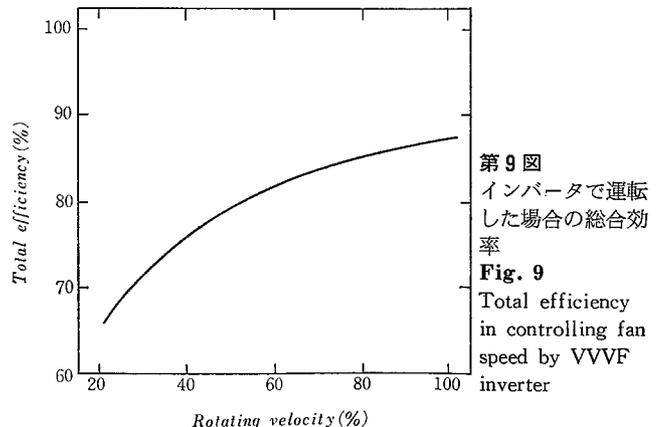
- 6) 軸動力は回転数の3乗に比例するものとする。
- 7) 電力費は次式により求める。
電力費 = $\frac{\text{軸動力} \times \text{運転時間} \times \text{電気料金}}{\text{総合効率}}$
- 8) 運転時間は年間フル運転とする。
- 9) モーター効率は、4P運転の場合 95%とする。
8P運転の場合 90%とする。
- 10) 3速変速機の場合、総合効率は、92%とする。
- 11) インバータによる場合の総合効率は、第9図に示す。また、速度制御範囲は30%~100%とする。
- 12) ファン停止時には、100%回転数の場合の15%の通風量があるものとする。
- 13) 現状運転台数は、1月, 2月, 12月 : 全数停止
3月, 4月, 5月, 10月, 11月 : 1台運転
6月, 7月, 8月, 9月 : 2台運転

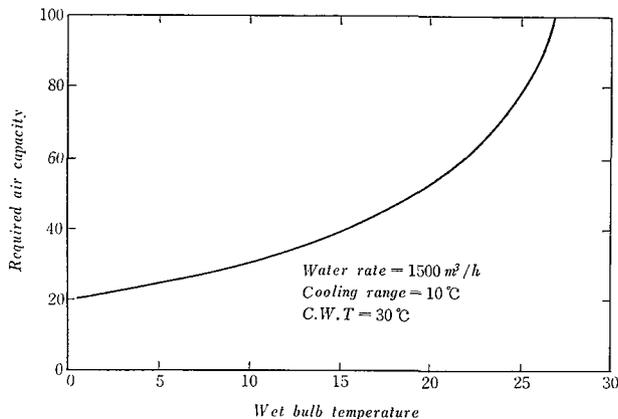
6.3 通常運転の場合の年間電力費

年間の総運転時間は
((31+30+31+31+30)日 × 1台 + (30+31+31+30)日 × 2台) × 24 h/日 = 9,528時間

となり、年間の電力費は
$$\frac{42 \text{ kW} \times 9,528 \text{ h} \times 15 \text{ 円/kWh}}{0.95} = 6,318,568 \text{ 円}$$

となる。





第10図 湿球温度に対する必要風量
Fig. 10 Wet bulb temperature vs Required air capacity

6. 4 省エネシステムにより運転した場合の予想電力費
第10図は、外気湿球温度に対する冷却塔全体の必要風量を表わしたものであり、以下の検討では、この図により、必要なファン回転数を求めている。

6. 4. 1 4P/8P 極数変換モーターを使用する場合

月別の運転状況と電力費は、第1表のようになり、年間の予想電力費は2,422,953円となる。

6. 4. 2 3速変速機を使用する場合

3速変速機の減速比は、1速:2.02, 2速:1.30, 3速:1.00を採用する。

月別の運転状況と電力費は、第2表のようになり、年間の予想電力費は2,024,330円となる。

6. 4. 3 インバータを使用した連続制御の場合

ここでは、2台のファンを、1台のインバータで、一斉に変速するものとし、その速度制御範囲は30%~100%とする。そのため、インバータ容量としては、約130KVA必要である。

月別の運転状況と電力費は、第3表のようになり、年間の予想電力費は1,361,345円となる。

6. 4. 4 インバータと極数変換モーターを合わせた複合制御の場合

1台のファンは、インバータで連続制御し、他のファンは、極数変換モーターにより、段階制御を行なう。

インバータによる速度制御範囲は、30%~100%とし、インバータ容量は、約70KVAとなる。また、極数変換は、4P/8P極数変換モーターを使用する。

月別の運転状況と電力費は、第4表のようになり、年間の予想電力費は、1,886,643円となる。

6. 5 省エネ効果の比較

以上の各種省エネ方法による効果を比較すると、第5表となる。設備投資額が大きい程、省エネ効果も大きくなるが、いずれの場合でも、約2年以内で投資回収が可能である。また、参考として第6表に他の検討例をまとめた。

7. 実施例の紹介

ここで、当社が最近納入した冷却塔ファン省エネシステムを紹介する。これは、関東地区の化学会社向けに納入したもので、既設冷却塔用である。

第1表 極数変換モーターの場合の予想電力費
Table 1 Evaluation of the energy saving method using pole change motor

Month	Monthly mean wet bulb temp. (°C)	Operating pattern	Operating hours (h)	Shaft power (kW)	Eff. (%)	Power cost (Yen)
1	1.2	8 P	744	5.25	90	65,100
		OFF		0	—	0
2	1.6	8 P	672	5.25	90	58,800
		OFF		0	—	0
3	4.8	8 P	744	5.25	90	65,100
		OFF		0	—	0
4	9.9	8 P	720	5.25	90	63,000
		OFF		0	—	0
5	14.8	8 P	744	5.25	90	65,100
		8 P		5.25	90	65,100
6	19.1	8 P	720	5.25	90	63,000
		8 P		5.25	90	63,000
7	23.2	8 P	744	5.25	90	65,100
		4 P		42	95	493,390
8	23.9	8 P	744	5.25	90	65,100
		4 P		42	95	493,390
9	20.3	8 P	720	5.25	90	63,000
		4 P		42	95	477,474
10	14.2	8 P	744	5.25	90	65,100
		8 P		5.25	90	65,100
11	8.8	8 P	720	5.25	90	63,000
		OFF		0	—	0
12	3.8	8 P	744	5.25	90	65,100
		OFF		0	—	0
Total						¥ 2,422,953

第2表 3速変速機の場合の予想電力費
Table 2 Evaluation of the energy saving method using 3-speed transmission

Month	Monthly mean wet bulb temp. (°C)	Operating pattern	Operating hours (h)	Shaft power (kW)	Eff. (%)	power cost (Yen)
1	1.2	1 ST	744	5.17	92	62,714
		OFF		0	—	0
2	1.6	1 ST	672	5.17	92	56,645
		OFF		0	—	0
3	4.8	1 ST	744	5.17	92	62,714
		OFF		0	—	0
4	9.9	1 ST	720	5.17	92	60,692
		OFF		0	—	0
5	14.8	1 ST	744	5.17	92	62,714
		1 ST		5.17	92	62,714
6	19.1	1 ST	360	5.17	92	30,347
		1 ST		5.17	92	30,346
		2 ND	360	18.99	92	111,463
		2 ND		18.99	92	111,463
7	23.2	2 ND	744	18.99	92	230,296
		2 ND		18.99	92	230,296
8	23.9	2 ND	744	18.99	92	230,296
		2 ND		18.99	92	230,296
9	20.3	1 ST	720	5.17	92	60,692
		2 ND		18.99	92	222,926
10	14.2	1 ST	744	5.17	92	62,714
		1 ST		5.17	92	62,714
11	8.8	1 ST	720	5.17	92	60,692
		OFF		0	—	0
12	3.8	1 ST	744	5.17	92	62,714
		OFF		0	—	0
Total						¥ 2,024,330

第 3 表 インバーターの場合の予想電力費

Table 3 Evaluation of the energy saving method using VVVF-inverter

Month	Monthly mean wet bulb temp. (°C)	Operating pattern	Operating hours (h)	Shaft power (kW)	Eff. (%)	Power cost (Yen)
1	1.2	30	744	2.27	72	35,185
2	1.6	30	672	2.27	72	31,780
3	4.8	30	744	2.27	72	35,185
4	9.9	30	720	2.27	72	34,050
5	14.8	39	744	4.98	76	73,127
6	19.1	50	720	10.5	80	141,750
7	23.2	66	744	24.1	83	324,043
8	23.9	70	744	28.8	84	382,629
9	20.3	53	720	12.5	81	166,667
10	14.2	38	744	4.61	76	67,694
11	8.8	30	720	2.27	72	34,050
12	3.8	30	744	2.27	72	35,185
Total						¥ 1,361,345

第 4 表 インバータと極数変換モーターを組合せた場合の予想電力費

Table 4 Evaluation of the energy saving method using VVVF-inverter and pole change motor

Month	Monthly mean wet bulb temp. (°C)	Operating pattern	Operating hours (h)	Shaft power (kW)	Eff. (%)	Power cost (Yen)
1	1.2	30 OFF	744	1.13 0	72 —	17,515 0
2	1.6	30 OFF	672	1.13 0	72 —	15,820 0
3	4.8	33 OFF	744	1.51 0	73 —	23,084 0
4	9.9	45 OFF	720	3.83 0	78 —	53,031 0
5	14.8	63 OFF	744	10.5 0	83 —	141,181 0
6	19.1	85 OFF	360	25.8 0	86 —	162,000 0
6	19.1	50 8 P	360	5.25 5.25	80 90	35,438 31,500
7	23.2	82 8 P	372	23.2 5.25	86 90	150,530 32,550
7	23.2	32 4 P	372	1.38 42	73 95	10,548 246,695
8	23.9	90 8 P	372	30.6 5.25	87 90	196,262 32,550
8	23.9	40 4 P	372	2.67 42	77 95	19,349 246,695
9	20.3	91 OFF	360	31.6 0	87 —	196,138 0
9	20.3	56 8 P	360	7.38 5.25	81 90	49,200 31,500
10	14.2	61 OFF	744	9.53 0	82 —	129,701 0
11	8.8	43 OFF	720	3.34 0	78 —	46,246 0
12	3.8	31 OFF	744	1.25 0	73 —	19,110 0
Total						¥ 1,886,643

第 5 表 省エネ効果の比較

Table 5 Comparison of the energy saving effects

Operating method	Speed changing method	Yearly power cost (Yen)	Yearly power saving (Yen)	Power saving ratio (%)
step control (manual)	ON-OFF control (without special device)	6,318,568	—	—
step control (auto.)	4/8 Pole change motor	2,422,953	3,895,615	62
step control (auto.)	3-speed transmission	2,024,330	4,294,238	68
continuous control (auto.)	VVVF	1,361,345	4,957,223	78
complex control (auto.)	VVVF and 4/8 pole change motor	1,886,643	4,431,925	70

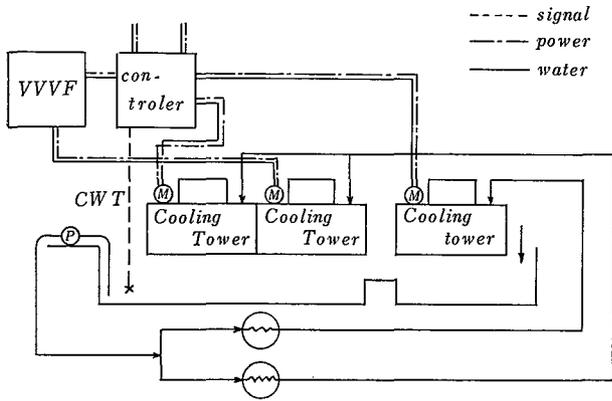
第 6 表 省エネ効果検討例

Table 6 Evaluation example of energy saving effect

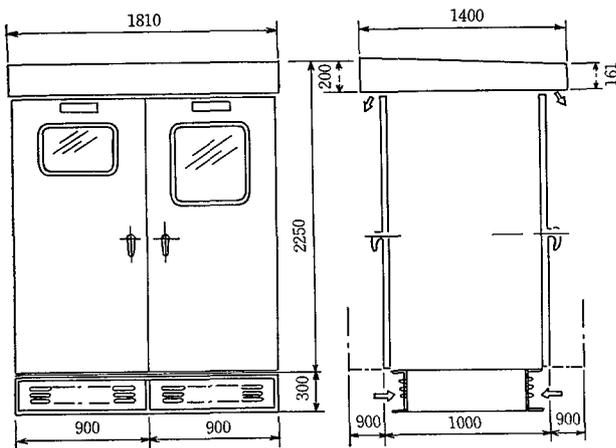
*3 Cooling tower spec.	Power saving method	Yearly Power cost (Yen)	Yearly power saving (Yen)	Power saving ratio (%)
1000 m ³ /h 45-29-27°C 43kW×2 /45kW×2 Heat load 90% CWT 30°C	ON-OFF control	5,550,000	—	—
	2 sets of 3-speed transmission	1,780,000	3,770,000	68
	continuous simultaneous control of 2 fans using 1 VVVF VVVF for one fan ON-OFF for another	910,000 2,280,000	4,640,000 3,230,000	84 59
2000 m ³ /h 38-32-27°C 30kW×2 /37kW×2 Heat load 100% CWT 28°C	continuous operating (without special device)	8,760,000	—	—
	2 sets of 3-speed transmission	3,880,000	4,880,000	56
	continuous simultaneous control of 2 fans using 1 VVVF	2,980,000	5,780,000	66
4500 m ³ /h 40-30-27°C 71kW×3 /75kW×3 Heat load 60% CWT 28°C	ON-OFF control	18,790,000	—	—
	3 motors of 4/8 pole change	6,820,000	11,970,000	64
	continuous simultaneous control of 3 fans using 1 VVVF VVVF for one fan ON-OFF for others	5,250,000 5,730,000	13,540,000 13,060,000	72 70
3700 m ³ /h 36-31-27°C 35kW×2 /37kW×2 Heat load 35% CWT 23°C	ON-OFF control	6,670,000	—	—
	VVVF for 2 fans ON-OFF for others	2,090,000	4,580,000	69
5000 m ³ /h 36-31-27°C 55kW×3 /75kW×3 Heat load 50% CWT 23°C	ON-OFF control	15,090,000	—	—
	VVVF for 2 fans ON-OFF for other	8,440,000	6,650,000	44

Note :

- 1) Electric cost is based on 15 Yen/kWh
- 2) Evaluated cost will vary with the individual situation of cooling tower spec.
- 3) Shows design water flow rate, design HWT-CWT-WBT, shaft power×number of motor/motor power×number of motor, heat load and CWT setting in the order as given.



第11図 概略フロー
Fig. 11 Outline flow diagram



第12図 制御盤外形図
Fig. 12 Control panel

7.1 冷却塔仕様

- 1) 設計水量 3,000 m³/h
- 2) 設計温度 49°—30°—26.5°C
- 3) ファン 6,700 mmφ 8枚翼166rpm 51.5 kW × 3台
- 4) モーター 55/37 kW 4/6P 400V 50 Hz × 3台

7.2 制御方法

第11図のフローに示すように、この冷却塔は3セルからなり、それぞれ4/6P極数変換モーターにより運転されてきたが、この内の1台にインバータを設置し、回転数連続制御を行なうとともに、他の2台を、4P/6P/OFFと段階制御を行ない、冷却水温度を一定に保持するものである。

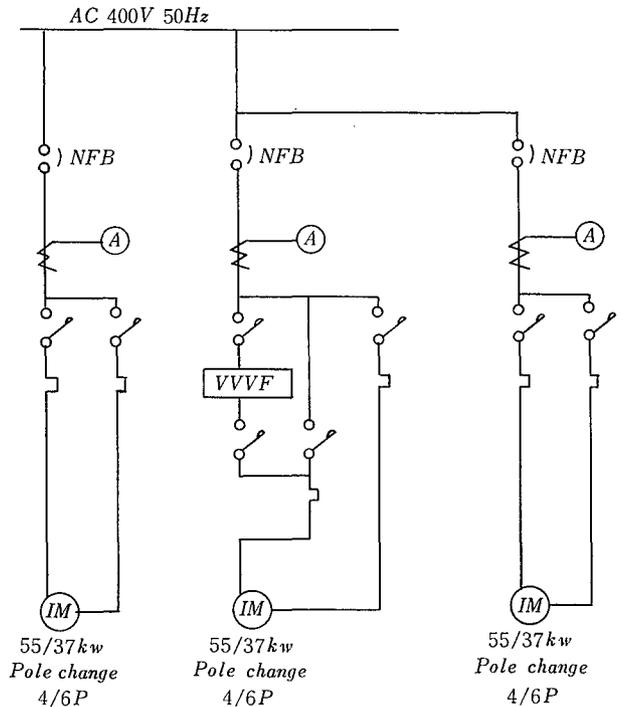
7.3 省エネシステム仕様

このシステムは、切換制御盤とVVVF盤で構成されており、屋外構造となっており、第12図および写真4にその外観を、第13図にスケルトンを示す。

使用しているインバータは、正弦波PWMトランジスタインバータであり、その容量は100KVAである。また、温度検出器は、冷水槽ポンプピット内に設置している。

8. むすび

以上、冷却塔ファン省エネシステムについて述べてきたが、実際に適用する場合には、冷却塔を使用しているプラント側の運転方法、負荷状況に基づいた省エネシステムの



第13図 スケルトン
Fig. 13 Single line diagram

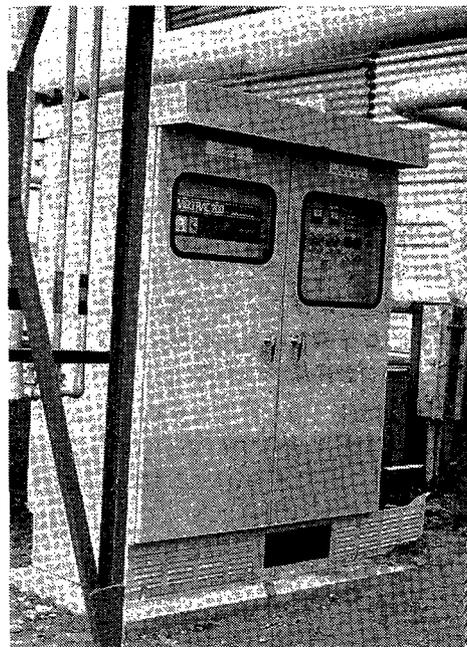


写真4
冷却塔ファン省エネシステム納入例
Photo. 4
Controller in actual operation

評価が不可欠であり、冷却塔送風装置に対する問題等を含めて、事前に十分な検討が必要である。

冷却塔の省エネを検討される場合、当社までご連絡いただければ、ユーザーのご要望に合った、最適システムをご提供できるものと考えている。

最後に、テスト実施に際して多大な便宜をお図りいただいた(株)神戸製鋼所の関係各位、ならびに、多くの御協力や助言をいただいた、ユーザー、電機メーカー各位に深く感謝いたします。