

機能性能試験

可変周波数駆動 (VFD)ポンプ

二次配管系ポンプへの適用

プロジェクト： _____ 日付： _____

所在地： _____

性能検証参加者：

性能検証責任者 (CA):	氏名 _____	所属会社 _____
EMS 運転者：	氏名 _____	所属会社 _____
VFD 技師：	氏名 _____	所属会社 _____
HVAC 技師：	氏名 _____	所属会社 _____
オーナー代理人：	氏名 _____	所属会社 _____

ポンプ ID： _____ 冷水二次, _____ 温水
計最大値： kW： _____ 流量： _____ ヘッド _____ 水柱m _____

VFDメーカー名、形式名： _____

以下の機能性能試験は一定差圧の変流量水配管系システムを制御するVFDの試験である。チェックマークは受理あるいは適合を意味する。

I. 設計主旨と作成文書の確認

___ 設計図書および仕様書を確認する。
___ VFDの ___内容記述、 ___仕様(書)、 ___技術および問題解決のガイドと設置(について)、 ___プログラミング記録 および ___調整記録 が現場に備わっているか検証せよ。
設計図書の基づき下記を決定せよ：
差圧計測の位置： _____
ポンプの制御法 _____

II. VFD の設置

差圧センサー

差圧計測の実際の位置 _____

水配管末端の枝管に接続されたコイルでの計測が理想的である。

___ 適合か?

圧力オフセット (Po)

ポンプは差圧が _____m [A] になるように制御される。

設計条件でのポンプ出入り口の増加圧力 (調整報告書によれば) : _____m [B]

圧力オフセット、Poは、 $[A] \div [B] =$ _____

VFDおよびポンプが小さな圧力変化に対応でき、省エネが実現するように、Poは0.3以下とするのが最適である。もし、Poが0.4以上ならばDPセンサーがポンプに近づきすぎているからであろう。

___ 適合か?

最低圧力での調整

HVAC 調整報告書を査閲し、その報告書によれば、このシステムがVFDが可能な最低のDPに対して制御するように調整されている(すなわち容量試験が遂行された)ことを確認せよ。調整報告による制御差圧DPは _____m。調整報告によるVFD周波数あるいはポンプ回転数に対応する設計値は：ポンプ-1 _____、ポンプ-2 _____；ポンプ-3 _____である。調整報告による対応流量は _____l/m。詳細についてはこのフォームの末端にある容量試験を参照されたい。

___ 最低差圧DPに対して調整済みか?

一般事項

___ 仕様書で要求されていれば、電力品質の緩和手法(power quality mitigation measures)が実行されていることを確認せよ。

___ 最小流量でのバイパスではなく、コイル流量をバイパスさせてVFDの設置意義を無にする三方弁が用いられていないことを確認せよ。

___ VFDの加速および減速の傾斜時間(ramp time)が1分から4分の間であることを口頭で確認せよ。実際の傾斜時間は：加速 _____分 減速 _____分 (傾斜時間が短いとハンチングとVFDによる過剰な調節動作を引き起こすことになる；通常の傾斜時間は1分から4分である。

___ 仕様書に準拠して各VFDがEMSに織り込まれていることを確認せよ。

- ___ 下限周波数が10から30%（低いほど良い）となるようプログラムされているか確認せよ。
- ___ EMS が DPをモニターしているか確認せよ。
- ___ 二方弁あるいは定流量バルブによる最小流量バイパスは、あったとして、設計流量の2%未満であるか？

III. 機能性能試験

この試験の意図は、コイルのバルブが適切に機能しているかということよりもむしろ、VFDが適切に機能しているかを確認することである。

1. **TAB による設計流量：**表 - 1、状態 1 の欄に設計条件である速度、DP、全送水量をTABレポートから記録する。
2. **中間流量（コイル弁部分開）：**もし現状のシステム負荷が、最大の冷却或いは加熱状態でも、最小流量でもないといった状態のとき：
 - a. 二次配管ループ系での速度、DPおよび全供給流量を読み、表 - 1、状態 3 の欄に記録する。

もし、状況が中間位置でない場合には、サーモスタットの動きの満足性を模擬するために、(下記の何れかに丸をつけよ)

- ・冷水ポンプに対しては全ての室内温度セットポイントを室内の実際の温度より4度(F, 2.2)だけ低く、
- ・温水ポンプに対しては4度(F, 2.2)だけ高く

設定し、それらの数値を 読むものとする。

3. **設計流量（コイルのバルブ全開）：** EMSあるいは他の方法で、すべての室温を現在の室温よりも(下記の何れかに丸をつけよ)
 - ・冷水ポンプに対しては少なくとも10度(F, 5.6)低く、
 - ・温水ポンプに対しては少なくとも10度(F, 5.6)高く

設定を変更して、これらのポンプから供給を受ける全HVACシステムが全てのゾーンにおいて最大冷却（あるいは加熱）となるようにするためである。全てのコイルバルブが設計最大の開度であることを（TABレポートを参照し）見とどけるものとする。時間遅れを考慮して観察には少なくとも20分待つものとする。

- ___ リードポンプがその設計流量 _____ l/minを超えたとき、最初のラグポンプが（遅れの後）起動するか？

___リードポンプと第1ラグポンプの合計が夫々の設計値の合計を超え、且つ差圧DPが ___% 又は ___ mに降下（通常は80%）したとき、二番目のラグポンプが（遅れの後）起動するか？

a. 速度、DP および全供給流量を読み、状態 2 に記入する。

4. 最小流量（コイルのバルブ閉）：（冷暖房が）充足した状態を模擬するために、全ての室内温度セットポイントを実際の室温に等しくなるよう変更して、コイルのバルブが閉まるようにする。少なくとも25分は待つ。

___流量が、稼働している全てのポンプの設計流量より少なくなった時、ラグポンプは順次に（遅れを伴って）停止するか？

___最後のポンプは適切に閉止していくか？

a. 周波数、圧力および流量を読み、それらの値を 状態 4 に記入する。

IV. 分析

表 - 1

状態	二次ポンプNo.	速度(Hz)または回転数(RPM)		センサーでのDP (mまたはkPa)		合計流量 (l/min)
		読み値	平均値	読み値	平均値	
1. TAB 設計流量	リード					
	ラグ-1					
	ラグ-2					
2. 設計流量で (性能検証中)	リード					
	ラグ-1					
	ラグ-2					
3. 絞った流量で (性能検証中)	リード					
	ラグ-1					
	ラグ-2					
4. 流れがないとき (性能検証中)	リード					
	ラグ-1					
	ラグ-2					

1. 表 - 1 では、四つの状態の夫々において全てのポンプの速度およびDPを平均する。
2. もし態 1 (TAB試験) における速度が状態 2 における今回の試験値の10%以内でなかった場合は、試験中全てのboxes? が十分に開いた状態で運転されてなかったことになるか、あるいはラグタイムが完了する以前に計測値を読んじってしまったことによるものといえる。調査して必要に応じて試験を繰り返すものとする。

___ 食い違い 10%未満か?

3. リードおよびラグ双方のポンプ運転の間に計測したDP値の平均は四つの全ての状態においてお互いの値の10%以内でなければならない。もしも、10%を超える食い違いがあるときはセンサーに問題があると考えられる。(ポンプの運転でリードからラグへ移行するときはDPの値は最大20%の差異があっても正常といえる)

___ 食い違い 10%未満か?

4. ___ 状態 4 において流れがない場合、流量およびDPはバイパス流量がゼロあるいは最小であるか?

5. ___ 表 - 1 の全流量の計測値にあつて、状態 2 の値は状態 3 の値よりも大きく状態 3 の値は状態 4 の値よりも大きいのか?

6. ___ **トレンドニングの協調検証(collaboration)**

適切なVFD運転をさらに検証するためこのシステムの運転が ・トレンドされる、 ・されない(いずれかに丸をつける)。トレンドされるポイントはトレンドニング要求 (= 依頼) フォーム (= 用紙) に記載される。

___ トレンドの観察からVFDが適切に機能しているといえるか?

7. **追加試験:** VFD 性能のさらなる協調検証のためには、冷水システム運転シーケンス試験を参照されたい。

V. 訓練

___ 奨励付き設計契約(design incentive agreement)に規定された訓練は既に終了している。

VI. 運転・保守計画

___ 受容できる運転・保守計画書ができています。どのようなものか記せ:

VII. 能力試験

エネルギー消費を最小にすることを確実にするため、水配管システムは設計値で可能な最低差圧DPになるよう調整されなければならない。それが要求するところは、弁を通過する流量が設計値であるときに、センサー位置での差圧が可能な最低値になることで、これを満足させるのが困難なのである。このようなシステム最少差圧の確保こそがVFDの制御すべきことである。これを達成するには、全てのゾーンに対する設定温度を、冷却コイルにあっては華氏55度に、加熱コイルにあっては華氏85度にすればよく、そうすると全ての空調器のコイルのバルブが最大冷却或いは最大加熱となる。かくして各コイルへの流量が測定され、設計流量と比較することができる。設計値に対して最も流量の少ないコイルを知る。制御用センサー位置での差圧を記録する。その最低流量のコイルに設計流量を流すに必要な差圧を計算により求める。適用する式は、 $DP_2 = DP_1 \times Q_2^2 / Q_1^2$ 。ここに、 Q_1 は能力試験における流量或いは設計値に対する割合、 Q_2 は設計流量或いは割合表示の時は1.0、 DP_1 はセンサーにおける差圧、 DP_2 は制御された結果の差圧である。設計者がポンプ選定時に同時生起率を考慮していた場合は、もし全てのコイルが同時に最大冷却を要求するとポンプは所定の差圧 DP_2 を保持することはできない、ということは注意しておくべきである。

現場におけるVFDの性能検証作業に参画する者

性能検証責任者：作業を見とどけ試験内容を記録するため

EMS 運転者：セットポイントを変えboxes?の開閉をするなどのため

VFD 技師：傾斜時間(ramp time)確認のためにキーパッド使用。(本当は推奨される、始動時の確認がなされていないとき)

傾斜時間を表示するキーパッドの操作を決めるのはCAのみとし、VFD技術指針を確認して後とする。