

**Designing Control Systems
to Function as a
Commissioning Tool**

Garry N. Myers

Flack + Kurtz Inc.

**コミッショニングツールとして
機能するための
制御システムの設計**

Garry N. Myers

Flack + Kurtz Inc.

コミッショニングツールとして 機能するための 制御システムの設計

Garry N. Myers

Flack + Kurtz Inc.

概要

コミッショニングは、ビルシステムが意図されたように能力を発揮することを立証するツールである。もし、システム設計者が機械、電気および配管設計者と協力して作業するのであれば、そのシステムは「ビルトインされた」テクニカル指標を通して施設を監視し制御すべきである。適切に購入され配置されている、通常の運用で要求されるセンサが、的確な余裕と媒体の流れでの据え付けを保証する。これはまた、重複するコストも削減するであろう。

著者について

Myers 氏は、商業建物において使用される制御システムの設計と据え付けについて 30 年以上の経験を持つ。プロジェクトはエジプト、カイロの U. S. Naval 医学研究ユニットでの法的な調査；香港、上海、プエノスアイレスを含めた世界中の新設ビル管理システムの設計はもちろん、ニューヨーク市におけるいくつかの高層ビルに対する旧式のビル管理システムのリプレース設計も含む。Myer 氏はアメリカ冷凍空調技術者協会（ASHRAE）の会員であり、技術評議会（Technology Council）の投票メンバーである。また、エネルギー技術者協会（A.E.E.）とアメリカ計装協会[国際計測制御学会]（I.S.A）のメンバーでもある。

コミッショニングー正確には何であるか？

コミッショニングは、ビルシステムが設計趣旨や発注者の要求にしたがって十分に動作可能でインタラクティブに能力を発揮することを確認するための組織的な品質保証プロセスである。それは、システムのパフォーマンスを確認し文書化するための手段であり、そしてそれは同時に、初期に得られたパフォーマンスレベルにシステムを再調整するために将来使われるベンチマークを作る。しかしながら、コミッショニングの有効性のレベルは、それはシステムが確認されることができるレベルだが、獲得されるデータの質いかんによる。システムを正確に確認するのに必要な品質データを集めるために、センサ・計器・測定器はそれ自身正確で、かつ正しく据え付けられなくてはならない。

初期適用範囲の検証

第1段階は、施設のニーズにとっても精通することを伴う。たとえば、「オフィス仕様」の建物の要求は希少な書籍の図書館のそれとは非常に違う。制御システムはその最適なレベルで機能し、機械システムが設計された能力で、設計された方法で稼動することを可能にするように適正に設計されなくてはならない。そのプロジェクトの特性を理解するための最良の方法は、プロジェクトが概要の設計段階中で「起工式」が終わるとすぐに制御システム設計をはじめることである。制御システムは機械設計の成功のために重要であるので、それがサポートする他のすべてのシステムと同じくらい慎重に計画されるべきである。

この段階で回答されるべき質問は：

- ・そのプロジェクトの特性は何か？
- ・コンポーネントの精度はどのくらい重要か？「商業レベル」の許容度または「産業レベル」の許容度を受け入れるか？
- ・制御システムに影響を与える設計の規約(codes)や格付け(classification)は何か？すなわち、LEED や Green Building など。
- ・特定の制御システムメーカーに対する優先権があるか？このシステムが拡張されるべき現場にすでにいるメーカーがあるか？この新しいシステムが実装される前に扱わなくてはならないあるいは扱うべき既存システムの課題はあるか？
- ・システムを操作するのは誰か？彼らが必要とする、あるいは与えられるべき制御はどのくらいあるか？
- ・他のシステムとの統合はあるか？（これらのシステムの設計者が関連する範囲と相互関係を同じように確立できるように、これらの相互関係は早めに定義されなくてはならない。）
- ・複数の建物構内に通信ネットワークがどのように配置されるか？それは、構内ネットワークの一部になるか、あるいは別の独立したネットワークとなるか？それは、物理的に敷設されるか、ワイヤレスか？

また、制御システムのユーザに会う時間をとりなさい。あまりにも多くの場合において、設計者は、現実にオペレータが特定のファンやポンプが運転しているか、それとも停止しているかを知ることだけに満足しているときに、システムに魅力的な特徴(amenities)を置こうとする。

システムの相互作用の範囲を知ることが、効果的な設計と重要なニーズに合致しているという保証を可能にする。

設計開発

建物と制御システムのコンセプトが論じられ、範囲がレビューされ合意された後、関連する事項が修正され、改善され、設備と制御システムの設計に適用される。

それぞれの機械かつ／あるいは電気システムに対してどのような制御システムが適用されるかを例示するために、それぞれのシステムのスケッチが用意される。それぞれの制御図が準備され、予備段階の操作シーケンスが開発されるべきである。操作シーケンスは操作の全段階を通したすべてのシステムコンポーネントにおける操作上の状態に関する単純な物語 (narrative) としてはじまるであろう。これらの段階は以下を含むであろう。

- ・システムが「停止」または「安全な」状態にある。
- ・システム動作モード (すなわち、夜間動作に対するものとしての日中動作、暖房モードと冷房モード、ウォームアップ、クールダウンなど)
- ・システム起動シーケンス (そして、システムがいろいろなモードにおいて違った起動をしようかどうかの考慮)。もし、いくつかの起動シーケンスがあるならば、インターロック条件のドキュメントと同様にそれぞれを詳細化しなくてはならない。
- ・システム運転シーケンス (そして同様に、システムの運転操作がいろいろなモードによって異なる場合には、それぞれを詳細化する必要がある)
- ・システム停止シーケンス
- ・システムの起動条件と動作結果で記述されたシステムの安全性
- ・記述されたモードや段階においてシステムが操作できる入出力点の詳細リスト

上に概説された作業が完成した上で、制御に要求される入出力に加えて、確認のために必要となる入出力を見越すために、コミッショニング要件がレビューされるべきである。すべてのコミッショニングポイントがそのときに、それぞれのセンサのカテゴリ (通常の制御デバイスの一部、またはコミッショニングプロセスのために特別に要求されるものか) を明らかにして、リストされるべきである。コミッショニングの目的のために特別に制御ポイントに追加されて要求されるポイントには、以下が含まれるであろう。

- ・還気温度 (すべてのシステムに共通あるいは、いくつかは特殊)
- ・還気湿度 (すべてのシステムに共通あるいは、いくつかは特殊)
- ・室内温度
- ・静圧
- ・風量
- ・冷水かつ／または温水往温度と還温度
- ・電力消費 (Amp, Volts, k W, kWh)
- ・動作時間

動作シーケンスはシステムスケッチ上に例示される。動作シーケンスを実行するために必要なすべてのポイントが、コミッショニングプロセスを容易にするための追加ポイントと同様に、示されるべきである。後者が通常は「正常」制御に必要なとされないの、いかなる「VE(value engineering)」プロセスによっても曇ることがないように、その目的や便益をはっきりと明らかにすべきである。たいていは、考え抜いて明確になったわずかな無関係のポイントの追加により、後のコミッショニングプロセスでのマンパワーにより追加される関連コストが取り戻せるであろう。例としてそれぞれの VAV ボックスでの一次給気内の温度センサがある。50 ドル以下のコストであるセンサが VAV ボックス（通常は多い）のコミッショニングを支援して、かつ入居後の貴重なトラブルシューティングツールを提供する。

コミッショニング計画の初期のドラフトはこの段階で完了されるべきである。これが、据え付け前に正しく考えられたコミッショニング計画、センサ入力、およびトレンドリクエストの根拠の要求を保証するであろう。

コミッショニングの要件は、BAS のコンポーネント選択と同様に、機械システムの設計にもまた影響を与える。システムパラメータを測定するための方法は、要求に合致しているだけでなく、100%信頼できるものでなくてはならない。不良のセンサまたは不適切な設置の結果失われたデータは、取り戻すことはできない。これらのパラメータは近似値や代用データで置き換えられなければならない、すべてのコミッショニングプロセスの妥当性を危うくするであろう。したがって、流量計を容易に設置するにはより長く、ストレートな媒体の流れが必要となるかもしれない。ダクトワークや配管システムがサイジングされ利用可能な機械スペースに合わせられる前に、これらの要求を知らせることを、設計者は評価するであろう。天候要因のような他の必要なデータが政府筋から利用可能でないかもしれない。そして、現場で収集しなくてはならないかもしれない。これらの入力（温度、湿度、風速）もまた、天気ステーション仕様(weather station specification)を要求して、ローカルに含まれるものとして考慮する必要がある。設備とそのシステムの最終利用に依存して、コミッショニングの要求するデータと関連がある追加のパラメータもあるかもしれない。適正な据え付けと品質の高い製品を保証するために、このような要求はプロジェクトの早い時期に予測されなくてはならない。

最終設計

最終設計はすべての動作シーケンスを「洗練化」する。それは、すべてのコンポーネントを最終の機械設計と協調させる。それはスペースの割り当てを含み、制御装置（供給された制御なしのシステム）とインターフェースする。これにより適正な据え付け場所が、重要な配管やダクトがマウントされた設備に対して考慮され、そしてすべてのシステムが意図したとおりに相乗効果を上げて動作することを保証する。

設計開発段階になされた変更が、制御システム設計とコミッショニングプロセスに考慮されているかを保証するために、すべてのシステムがレビューされる。

最終設計を適合させ、必要なパラメータが含まれているというレビューを提供するために、コミッショニング計画もまたレビューされ、「強化」されるべきである。

すべてのコミッショニング計画はそのとき詳細に文書化されるべきである。少なくともコミッショニング計画は次のことを考慮するべきである。

- ・コミッショニング要求に関するオリジナルの設計趣旨の復帰(reinstatement)
- ・初期の契約上の約因から起こったかもしれない設計変更を受け入れるためのオリジナルの制御システムとコミッショニング設計趣旨への修正作業
- ・計画されたコミッショニングを実行するために必要となるシステム内のすべてのポイントのリストで、それはシステム設計パラメータを示した更新されたフロー図を含む。(異なる動作モードに対するいろいろな場所での CFM 値のように)
- ・適正な場所、空間、径、流れの向きが考えられ、適切に例示されるように、プロジェクト契約図にセンサを配置する。
- ・プロジェクト全体、そして個々のシステムに対する通信シーケンス
- ・仮定とパラメータのリストプロセスに関連しているが計測されないもの
- ・最終的な条件で述べられた各コミッショニングシーケンスの望ましい結果
- ・ビル管理システムの統合部分でないシステムのコミッショニングに使われるすべての装置の仕様書
- ・コミッショニングのときに提出されなくてはならないシステムの正常動作のために必要なすべての条件の声明書 (日時、季節、インターロックなど)
- ・データを収集するために使われる方法と手段 (特別なソフトウェア、トレンドログ、カスタマイズされた報告書、手書きのフォーム)
- ・すべてのフォームのサンプル
- ・正規化されたデータに関する方法論 (必要であれば)

請負業者によって出された提出物は、以下を保証するために完全にレビューされなくてはならない。1) 請負条件の正しい解釈 2) 必要な装置の適正な選択 3) 要求される監視のために必要なポイントがすべて含まれていること、そして 4) 特別な余裕や、媒体の流れなどが要求されるデバイスに対する据え付けの詳細が含まれていること。これらは、請負図面では詳細化されない。

さらに、品質管理目的のために、請負図面の詳細が提出されたドキュメンテーションと比較されなくてはならない。例：承認されたコイルの流量は、装置一覧で予想していた設計流量とは異なっているかもしれないので、制御バルブは、実際に承認された機械装置の提出文書に基づいてサイジングされるべきである。

提出物は記録されるすべてのシステムポイントの一覧も含まなくてはならない。それは、各ポイントがさらに 3 日間記録されるかが指定され、これらがコミッショニングの全期間に記録・蓄積される。

建設管理(Construction Administration)

プロジェクトの施工段階の間に、「バリューエンジニア(value engineer)」システムに切り詰められないように、また、不適切な予算のためにカバーするコストがカットされないように、監督(supervision)が必要である。プロジェクトのこの段階では、入念な検査により多くの問題を防止することができる。この段階で発見された施工欠陥は建設完了前であれば簡単に修正できるが、もし不可能であれば、改善が高くつく。

各システムが完成に近づき、それらの動作が建物や設備の動作に関して重要になる前に、そのシステムが「打たれて(bumped)」、そして潜在的な施工に関する問題を探し始めるために初期のチェックをすることができる。

「パンチリスト(punch list)」を作成することは建設管理(Construction Administration)にとって不可欠である。AIA によれば、請負業者は発注者の代表によって最終的に確認される欠陥のリストを作成する責任がある。パンチリストは、明白な理由としてこの方法論を使うと通常は完了しない。ほとんどのプロジェクトでは、発注者の代表者(通常は設計家)はいたるところ歩き回り(または、建設コースのいくつかまたは全体)、欠陥のリストを準備する。このリストは保守され、周期的に更新され、完了項目が削除され新しい項目が追加される。パンチリストの項目はコミッショニングの前に完了していることが重要である。欠けていたり間違っている装置はそのシステムのコミッショニングを妨げるかもしれないからである。例: もし請負業者がバルブアクチュエータに制御信号線を接続していなかったら、コミッショニングプロセスがこの特定のバルブの動作を確認しようとしてもそのシステムは不十分であり、全システムの運転にも影響があるであろう。

ビル管理システムのコミッショニング

もし、適切なステップがこの点で取られれば、制御システムのコミッショニングプロセスは比較的簡単に実行され、容易に文書化できるであろう。システムコミッショニングは以下のように進められるであろう。:

- ・ DDC 制御試験 — 各ポイントでの静的な確認、すなわち、温度センサが、補正された試験計器が読み込んでいるのと同じ温度を、お互いの許容誤差内でレポートして、かつ、そのセンサがシステムそれ自身の中で正しくマッピングされていることを確認するための点検。各発信器の出力は最低限 3 点、理想的にはスパンにわたって 5 点で試験されるべきである。例: 0 から 100°C のスパンを持つ発信器は 0°C、40°C、60°C、80°C、そしてフルスパンの 100°C で試験したい。

- ・ BMS スタートアップ — 各制御ループが動的なモードで試験される。それにより各制御ループ、モード、安全性が確認される。動的なモードでは、制御ループが適切なモディファイア(modifier)で適正にセットアップされ、各ループの入力が適切な出力に対応し、ループが調整され安定していることを確認する。

一旦、BMS が十分にコミッショニングされると、その監視と制御の下で機械システムが意図されたように能力を発揮していることを保証するための試験が可能になる。コミッショニング設計文書に以前概説された重要なポイントのトレンドログと関連したビジュアルな監視によって、これがもっとも容易に決定される。室内が適切に調和されていることを確認するために使われるパラメータは、部屋の温度のトレンド、給気ファンをシステムの重要な温度に回帰させたものによって文書化されるであろう。例: 外気温度、外気湿度、還気温度、温水コイル出口温度、冷水コイル出口温度、ファン吹き出し温度、コイルバルブ開度、室内温度、室内湿度など。

システム仕様書

仕様書は、コミッショニングの要求を含まなくてはならない。その要求はシステムそれ自身だけでなく、コミッショニング活動の支援に対するものも含まなくてはならない。一例として、仕様書は、そのシステムがトレンド要求を実行するだけでなく結果を蓄積する能力を持つことを保証するのと同様に、どのシステムポイントがトレンド記録に登録されるかを指示すべきである。記録のためのパラメータはすべての重要なポイントに対して10分ごとにサンプリングされて少なくとも3日間は蓄積されることを必要とすべきである。これはシステム分析(analization)の間での各入力と出力を含む。ガイドとして、トレンドログ仕様では各空調システムに対して少なくとも10点、そして冷温水搬送(hydronic)システムでは5点の保存ができるシステムを必要とすべきである。特定のポイントアドレスは、コミッショニングが始まる時に登録される。しかしながら、データ収集の範囲をカバーしている仕様書は物理的なハードウェアと同様に、必要なプログラミング時間が請負業者のベースラインコストに含まれるように注意深く指定しなくてはならない。

仕様書は、制御システムから関連するすべてのトレンドデータを、制御請負業者がコミッショニングチームに示すということを指示しなくてはならない。トレンドと保存されたポイントは印刷して利用可能であるとする。制御請負業者は、システムの各一連のデータの報告印刷の形式を決めなくてはならない。コミッショニングチームのそれぞれのメンバーがインターネットあるいはダイアルアップモデムを介した接続によりデータに対するリモートアクセス手段も持つべきである。トレンドのレポートはEXCEL®のような標準のソフトウェアパッケージでフォーマットされるべきである。各メンバーは、データに遠隔でアクセスするためのソフトウェアを持つものとする。制御請負業者は各メンバーに対し、システムにログインしデータを見るためのユニークなユーザ名とパスワードを登録すべきである。仕様書は発注者にもまたインターネット接続とサービス、またはダイアルアップ電話回線を提供し、保守することを要請するであろう。

制御システムのほかに、仕様書は制御請負業者がHVACシステムの包括的なコミッショニングプロセスに参加することも要請すべきである。プロジェクト専門家(便利な人工ではない)は、一連の主要なシステムごとの動的試験を通して機械請負業者とその他コミッショニングチームと一緒に作業するための時間がとれるようにしなくてはならない。概算として、仕様書では主要な機械システムごとに、4時間の専門家としての作業時間が入札で上乘せされると明示すべきである。

システムの重要な計画(Critical Planning of the System)

以下は標準システムでの推奨されるポイントの一覧である。(リストされたそれぞれのタイプ)イタリック体で表記されたポイントは、コミッショニングにいつそう関係があり、標準的なBMCSの設計要求を越えて考慮されたものである。

Constant Volume Air Handling System [定風量空調機システム]

Economizer dampers [外気冷房用ダンパ]

Economizer Damper Position Feedback [外気冷房用ダンパ開度フィードバック値]

Mixed air temperature [混合空気温度]

Preheat Coil Discharge Temperature [プレヒートコイル出口温度]

Preheat Coil Control Valve [プレヒートコイル制御弁]

Preheat Coil Control Valve Position Indication[プレヒートコイル制御弁開度表示値]
Humidifier Control (Valve, Relay, Etc.) [湿度制御 (バルブ、リレーなど)]
Cooling Coil Control Valve[冷水コイル制御弁]
Cooling Coil Control Valve Position Indication[冷水コイル制御弁開度表示値]
Supply Fan Status (Analog Current Input) [給気ファン状態 (アナログ電流入力)]
Supply Fan Start/Stop[給気ファン運転/停止]
Supply Fan Discharge Temperature[給気ファン出口温度]
Supply Fan Discharge Humidity[給気ファン出口湿度]
Space Temperature (*Could be multiple inputs*) [室内温度 (複数入力もありえる)]
Return Air Temperature[還気温度]
Return Air Humidity[還気湿度]
Return Air Carbon Dioxide Level[還気二酸化炭素レベル]
Return Fan Start/Stop[還気ファン運転/停止]
Return Fan Status (Analog Current Input) [還気ファン状態 (アナログ電流入力)]

Variable Volume Air Handling System[変風量空調機システム]

Economizer dampers[外気取り入れダンパ]
Economizer Damper Position Feedback[外気取り入れダンパ開度フィードバック値]
Mixed air temperature[混合空気温度]
Preheat Coil Discharge Temperature[プレヒートコイル出口温度]
Preheat Coil Control Valve[プレヒートコイル制御弁]
Preheat Coil Control Valve Position Indication[プレヒートコイル制御弁開度表示値]
Humidifier Control (Valve, Relay, Etc.) [湿度制御 (バルブ、リレーなど)]
Cooling Coil Control Valve[冷水コイル制御弁]
Cooling Coil Control Valve Position Indication[冷水コイル制御弁開度表示値]
Supply Fan VFD Speed (for status) [給気ファン VFD 速度 (状態に対する)]
Supply Fan VFD Speed Control[給気ファン VFD 速度制御]
Supply Fan VFD Enable/Disable[給気ファン VFD 有効/無効]
Supply Fan VFD Common Fault[給気ファン VFD 共通不具合]
Supply Fan Discharge Temperature[給気ファン出口温度]
Supply Fan Discharge Humidity[給気ファン出口湿度]
Supply Fan Volume (CFM) [給気ファン風量 (CFM)]
Supply Air Static Pressure[給気静圧]
Space Temperature (*Could be multiple inputs*) [室内温度 (複数入力もありえる)]
Return Air Temperature[還気温度]
Return Air Humidity[還気湿度]
Return Air Carbon Dioxide Level[還気二酸化炭素レベル]
Return Fan VFD Speed[還気ファン VFD 速度]
Return Fan VFD Speed Control[還気ファン VFD 速度制御]
Return Fan VFD Enable/Disable[還気ファン VFD 有効/無効]
Return Fan VFD Common Fault[還気ファン VFD 共通不具合]
Return Fan Volume (CFM) [還気ファン風量 (CFM)]

Variable Volume Boxes[可変風量ボックス]

Primary Air Temperature[一次空気温度]

Discharge Air Temperature (Fan Powered Boxes)[給気温度 (ファンパワードボックス)]

Fan Speed Control (Fan Powered Boxes) [ファンスピード制御 (ファンパワードボックス)]

Primary Air Damper Position (Control) [一次空気ダンパ開度 (制御)]

Primary Air Damper Position (Status)[一次空気ダンパ開度 (状態)]

Primary Air Flow[一次空気フロー]

Reheat Coil Control Valve[レヒートコイル制御弁]

Space Temperature[室内温度]

Motion Detector in Space[在室センサ]

Exhaust Fans[排気ファン]

Exhaust Fan Start/Stop[排気ファン運転/停止]

Exhaust Fan Status[排気ファン状態]

Hot Water System[温水システム]

Hot Water Supply Temperature[温水往温度]

Hot Water Return Temperature[温水還温度]

Hot Water System Differential Pressure (Measure) [温水システム差圧 (計測)]

Hot Water System Differential Pressure (Control) [温水システム差圧 (制御)]

Primary Control Valve (Control) [プライマリ制御弁 (制御)]

Primary Control Valve (Position Indication) [プライマリ制御弁 (開度表示)]

Pump Start/Stop[ポンプ運転/停止]

Pump Status[ポンプ状態]

Chilled Water System[冷水システム]

Chilled Water Supply Temperature[冷水往温度]

Chilled Water Return Temperature[冷水還温度]

Chilled Water System Differential Pressure (Measure) [冷水システム差圧 (計測)]

Chilled Water Flow (*Multiple Points*) [冷水フロー (複数ポイント)]

Chilled Water System Differential Pressure (Control) [冷水システム差圧 (制御)]

Primary Isolation Valve (Control) [プライマリアイソレート弁 (制御)]

Primary Isolation Valve (Position Indication)[プライマリアイソレート弁 (開度表示値)]

Chilled Water BTU[冷水 BTU]

Pump Start/Stop[ポンプ運転/停止]

Pump Status[ポンプ状態]

Boilers[ボイラー]

Boiler Enable/Disable[ボイラー有効/無効]

Boiler Safety Alarm[ボイラー安全警報]

Boiler Operational Status[ボイラー動作状態]

Modbus or BACnet Connection[Modbus または BACnet 接続]

Hot Water Supply Temperature[温水往温度]

Hot Water Return Temperature[温水還温度]

Hot Water Flow (*Multiple Places*) [温水フロー (複数箇所)]

Hot Water BTU[温水 BTU]

Chillers[チラー]

Chiller Enable/Disable[チラー有効/無効]

Chiller Safety Alarm[チラー安全警報]

Chiller Operational Status[チラー動作状態]

Modbus or BACnet Connection[Modbus または BACnet 接続]

Cooling Towers[冷却塔]

Cooling Tower Fan Speed Control[冷却塔ファンスピード制御]

Cooling Tower Basin Temperature[冷却塔水温度]

Cooling Tower Level (High and Low) [冷却塔レベル (ハイ/ロー)]

Cooling Tower Vibration Alarm[冷却塔振動警報]

Global Points[グローバルポイント]

Outside Air Temperature (North Exposure) [外気温度 (北向き)]

Outside Air Humidity (North Exposure) [外気湿度 (北向き)]

Outside Air Carbon Dioxide (May be more than one point) [外気二酸化炭素 (1 ポイント以上
かもしれない)]

Wind Speed[風速]