

J. S. Wolpert, Ph. D.

齋藤 満訳 (株)大林組

中原信生訳 環境システック中原研究処 正会員

1. 要 約

省エネルギーに対する統合したアプローチの一部として、工業用の人工・昼光併用照明システムの照度とエネルギー効率の性能検証、及び、より軽微ではあるが、総合的に機械・電気設備が完全であることの性能検証がある電子工業の施設において求められた。現場における性能検証作業が進むにつれて運用上の諸問題が明らかになった。それらの問題は、最終的には、工場内の配電システムや、HID 照明の調光システム、そして工場内の他の誘導性の負荷に影響を与える不測の高調波による相互作用により発生していたことが確認された。現段階で性能検証は、この問題に関する支援に焦点が移った。目論んだ訳では無いけれども性能検証チームは、発注者のスタッフが望むところのデータを集めたり、その状況についてだけの報告書を提出・発行することにより、彼らが常にこの問題に関し最新の情報を持つように仕向けることができた。その結果、彼らが実現可能な解決法について作業できるようになった。

2. はじめに

電子工業施設の設計プロセスには、多くの省エネルギー手法の評価が含まれる。決定された省エネルギー策の一つが、二つのモニタ屋根（越屋根）採光から成る製造エリアの昼光照明システムである。旧来の工場では、かなり一般的に使われた設計要素であるが、最近の設計では余り見かけなくなった。この設計によって人工照明用エネルギーの低減効果をもたらすために、照明システムに調光システムが採用された。発注者は、エネルギー性能の観点に立つ性能検証が利益につながる（これが性能検証の焦点であることが徐々に一般化しつつある、Jones 1991）ことを認識して、このプロセスを計画した。この論文では、プロジェクトの全体像を簡潔に記述し、性能検証の計画と、多少詳細にわたるが結果として得られた経験を議論し、この努力によって得られた最終成果をまとめる。

3. プロジェクトの概要

あるイギリスの電子工業の施設において、1988年から

1989年にかけて 125,000 ft² (約 11,600m²) の増築が計画され、1990年終わりまでに完成予定である。大きな敷地の一角に計画されたこの施設は、高さ 30 フィート (約 9m) の製造エリアと、付属する 2 階分のオフィス、従業員の休憩場所、入出荷エリアと中 2 階の設備機械室から構成された。設計チームは、革新的省エネルギー手法 (Wolpert et al. 1990) 採用の初期の傾向に引き続いて、数多くの手法を詳細に評価することを指示された。その中には「エネルギー感応式ビル設計 (energy responsive building design, ERB)」(Wolpert et al. と Robbins 1990) と呼んでいる、相互影響利益を最大にする方法を含んでいた。

最終の設計には多くの設備システムの改良が採用された。これに含まれるものの一部を示すと、高効率ボイラと (可変速駆動装置を備えた) 空調機、DDC コントロール、及び、効率的なオフィス照明 (約 1W/ft² (11W/m²)) などが含まれた。高天井の製造エリアにおける効率化の一つの鍵として、作業条件を改善しエネルギー消費を低減するための昼光照明システムが採用された。このシステムは、以下に述べるように、自然光を導入するガラス窓のある三種類の型のエリアと、メタルハライドランプを使う高輝度放電 (HID) 照明器具の連続調光システムとから構成されている。

昼光照明構成要素の第一番目は、北側の休憩エリア東端の壁の半分におよぶガラス壁で構成され、それにこの全エリアに及ぶ円筒型ヴォールトのガラス屋根から成る。二番目のエリアは、製造エリアに沿う南側の壁のうち、西寄りの半分に設けられたガラス壁である。三番目で最も重要なのは、製造エリアの長軸 (東から西) 方向に走る、二つのルーフモニタである。工場の全長に亘るこれらのモニタは、長さ 335 フィート (102m)、幅 45 フィート (13m、1 スパンにあたる) で、高さは 10 フィート (3m) である。モニタの側壁はガラス、北側は透明ガラスで南側は半透明 (くもり) ガラスである。

人工照明は、567 台の 400W メタルハライドランプ器具が、45ft² (4.2m²) の格子あたり 9 台ずつ設置された。供給電圧は交流三相 240V である。照明用電力が交流 277V で単独の専用変圧器から供給されるアメリカの新しい商業施設や工場と異なり、イギリスにおいては、空調換気設備用の機器に電力供給する 240V の変圧器から照明回路にも電力供給するのが典型的である。調光制御を容易にするために、ふつう正方形パターンで回路分けする照明器具を、この施設では縦長パターンで回路分けした。

調光は多くの半導体調光装置から成る大きな1バンクで構成され、各々は14台の照明器具を制御する二つの回路ユニットをもつ。これらのユニットは、個々の単相回路の波形を修正する技術によって、光出力と消費電力を低減するように設計されている。また、一グループの調光器に接続して、一連の光電池センサが照明器具の高さに、下の作業領域を狙って取り付けられた。このシステムによって、ランプの光出力(光束)が定格出力の約20%まで連続的に調光でき、このとき消費電力は約40%に低減できると期待された。さらに、このシステムは、ランプの点灯時間の経過に伴う光束低下を自動的に補償することになる。

4. 設計段階におけるエネルギー分析

このプロジェクトの設計の間、提案された昼光人工光併用照明システムの相互効果を決定するためには多くの手続きに頼ることとなった。自然採光の効果をより正確に予測するためモデルが製作され、多数の照度が測定された。これらの測定は、昼光照明計算プログラム(AshtonとRobbins)によるシミュレーションで得た結果と結びつけて、設計者がシステムのこの部分の性能目標を設定することを可能にした。空調換気設備との交互作用効果を含めて予想されるこのシステムのエネルギー性能は、種々の技術的な計算や、時間単位のビルエネルギーシミュレーションツール(PedreyaとRobbinsら1989)を用いて同じように予測された。要するに、低減された人工照明とこれに伴う冷房負荷の低減による電気エネルギーとデマンドの節約が、ルーフモニタのコストを十分に相殺するものと期待された。

1988-89年頃、H I D照明器具の調光技術は発注者によく知られていなかったため、装置を評価し、その性能を実証する作業が行われた。これらの作業にあたっては、調光器メーカーとH I Dランプのメーカーと多くの議論を交わした。さらに、1格子のH I D照明器具を対象として、小規模の試験が発注者のアメリカの施設で行なわれた(ただし交流277Vの器具を使用)。

これらの様々な研究と試験結果に基づいて、このプロジェクトの設計計画に併用照明システムが組み込まれた。E R B過程で求められているように、電気エネルギーと照度レベルの両方を含む一連の性能目標もこの時期に確立された。計画では、入居後に計画されたエネルギー性能検証(以降、POEと呼ぶ)においてこれらの性能が確認されることになっていた。

5. 性能検証の手順

5.1 性能検証計画

エネルギー効率への統合化アプローチの一つとして、システムの照度およびエネルギー性能と、より軽微では

あるが、総合的な機械・電気設備の完全性の性能検証とが計画された。エネルギー効率コンサルタントと所有者のスタッフによって実行されるこのプロセスは3段階で計画された。最初の段階は、建設プロセスを記録し、エネルギー感応式ビルへの目標にかなった方法で最終決定が成されたことを確認することであった。

建設の終端に生じる、フィールドレベルとも言うべき第2段階は、システムの適切な運転調整を確認し、システム性能を文書化するのに必要な短期間のモニタリングを実行するように計画された(WolpertとRozek 1992)。この段階のために計画された試験条件は下記のとおりである。

- 様々な昼光条件下において製造フロアで得られる自然光の照度を測定・記録し、
- 昼光照明がないときに人工照明によって得られる最大照度を測定・記録し、
- 自然光のない状況で様々な照度と消費電力との関係を測定・記録し、
- 様々な屋外条件下での自動モードの調光システムによって得られる全照度(自然光と人工光の和)を測定・記録する。

これらの試験ののち、広範囲の予想条件のもとで設定照度を保つようにシステムが較正されねばならなかった。

第3段階は、短期間のモニタリング作業の結果に基づいてシミュレーションモデルを更新し、最終的にERB目標に対する調整が行われた。さらに、施設のスタッフの訓練を行い、運転保守(O&M)の計画と手順(予備部品のストックの決定を含む)が作成されることになった。最後に、ERBプロセスに関する最終報告書が準備され提出されることになるであろう。

この現場作業の二次的な目標としては、工場の中でどのくらいの温度成層が生成されるかを記録することであった。これは、計画中のアメリカの同じような施設の概略設計で、冷房の省エネルギー手法として温度成層を推進することに対する数多くの疑問が提起されていたので関心がもたれたからである。

5.2 性能検証過程

数多くの課題がうまく処理されて第1段階が完了し、現場作業のための計画が作られた。このプロセスは、3名から成る性能検証チームの着任により始まった。3名はそれぞれ発注者、効率コンサルタントとメーカーの各組織から派遣された者である。初期の作業は順調に進行した。最初の日は、現場を良く知ることと準備に、次の日はハードウェアの検査と設置その他のことに費やされた。この予備調査によって注意を払うべき多くの初歩的問題点を明らかにした。

- 据付け業者による不適切な配線が多く、照明回路の

過負荷につながった。

- 性能検証チームの着任に先立ち、いくつかの調光ユニットが不適切な配線と電力供給によって破損していた。電力供給に対するメーカーからの直接で明白な指示があったにもかかわらず、である。
- 据付け業者は完全であると説明したにもかかわらず、20個の光センサ用の低電圧配線がどれも降ろされていなかった。一部のセンサーは適切に配線されていたのにその多くが正しくない調光盤に接続されていた。
- コンピューターを用いた照明管理システムの制御盤の電源は交流120Vであるのに、交流240Vの電源に接続されていた。
- 各調光盤がうけもつゾーニングの形態は、装置の製造・出荷時点の情報によれば正しいのであったが、照明コンサルタントが指示したゾーニングの変更のために、盤内の配線を現地で大幅にやりかえる必要があった。

メーカーによる調光装置の初期点検と立ち上げを行っている間に、自然光による照度レベルの測定が進行した。予期したように、昼光照明は単独で十分な光、すなわち、多少の曇天時でさえ、日中の間はずっと100から150fc(約1000から1500lx)の範囲の照度の光を供給した。天候も都合よく、濃い曇天時や雨のときも測定でき、このようなときでもなお、ほぼ20から40fc(200から400lx)の照度範囲の利用できる昼光が供給されると記録することができた。また、予期したように、モニタの下、またはそのごく近辺の照度レベルが高く、モニタから離れた所が低い、これはモニタの長軸によく整合していることが観察された。これらの値を記録した後、二番目の設定試験条件に進むことができた。

次に、HIDシステムから得られる最大照度を測定するため、曇天の夜に、暗くなってからの測定を予定した。この試験のため、調光システムをバイパス・モードで全点灯し、照明のレベルを記録した。これが意味をもつように、我々の到着の前に、これらの器具が十分な時間初期点灯されているようにした。予想通りに、天井格子全体にわたって十分に均一な照度レベルが測定され、格子の中央部では作業面(床からおおよそ3.5フィート<1m>の高さ)で90fc(900lx)と高く、これは(後で議論されるように)予期した100fc(1000lx)強の照度より若干低かった。

最初の二つの測定を完了した時点で性能検証チームはその進捗状況に満足感を得て、次の最初の調光テストに移って様々な照度と消費電力との間の関係を求める準備ができた。しかしながら、性能検証チームは、予期しなかった工場の配電システム間の電氣的相互作用に気がついた。それらの相互作用は調光システムを含んでいて直ちにテストに移ることを妨げた。この時点で性能検証チームは、新しく見つかったこの問題の文書化と解決に注意を向けた。

5.3 調光機器

半導体ハードウェアの設計の一部に、もし何らかの電力的な過渡現象が生じたならば調光器を直ちにバイパスモードにセットするという自己防御性を備えていた。調光を開始するための予備的な試験を行っている間にこの種の不調が生じた。これは電圧の過渡現象(建設現場では決して珍しくない)で説明され、そして、調光機器が設置される前に整備されていた電力線モニタの記録テープがこのような妨害があったことを示したため、記録型の電力品質モニタリング計器が発注された。しかし、これが入手できるまで数日を要したことで、付加的な安全装置として、わずかに高い事故耐性を有する新しいE-proms(訳注: Erasable permanent ROM?)が追加的な安全策として直ちに米国から出荷されたので、即時の解決策がないまま、その問題に対する懸念が増す中で、この電力品質の関係の仕事を進めさせた。

(電力品質メータの到着を待っている)この時期に、この状況に関する多くの観察結果が明るみに出た。これらのうち、より重要なものは以下のとおりである。

- 第一に、調光の程度が増えるに従い(調光される器具数の比率でも、光出力の低減率でも)、調光器の不安定さがより起こり易そうであることを定量的に観察できた。しかし、工場の蛍光灯が消灯された数時間後に行われた試験では、調光性能と安定性が著しく改善した。このことは問題は単純な因果関係ではなく、むしろ、全体システムにおけるこの二要素間にまたがる相互作用があることを示唆した。
- 第二に、調光される器具を制限し、また調光の程度を制限することによって、混乱無く順調に調光を維持することができた。
- 第三に、調光盤に供給する中性線の非常に大きな過電流(ある場合には各フィードの2倍以上)を認めた。三相負荷は平衡しているため、著しい高調波電流の存在が疑われた。
- 第四に、非調光で恐らく無関係と思われる蛍光灯照明に供給する回路の配線遮断器がトリップするのを観た。電気担当者がこれらの“欠陥のある”配線遮断器を少数交換したが、その後も、調光が始まったときに、蛍光灯回路の電流が時々正常値の2倍から3倍近くまで著しく増加することに気がついた。
- 第五に、配電変圧器の温度上昇を観察した。変圧器組み込みの自動冷却ファンが、調光動作を増加した短時間の後に起動した。しかし、これは非調光の蛍光灯器具が点灯されたときにのみ生じた。

5.4 問題点の文書化

電力品質測定器の到着とともに、著しい高調波電圧と電流の存在を証明することができた。また、そのときになって始めて電気設備設計者から我々に知らされたことは、非常に多くの蛍光灯安定器のそれぞれが実は単純なリアクターであると言うことであった。各蛍光灯器具は、配線に直接接続された、やや大きな力率改善用コンデンサをもっていた。予想できることであるがこれらのコンデンサはかなりの量であるので、高調波の存在によって相互作用を及ぼし、配電変圧器の全体の負荷を増やすだけでなく、個々の配線遮断器をトリップさせられる線電流の増加を局部的に作り出した。蛍光灯が消灯され、大きな誘導要素が配電システムから除外されると、調光による高調波のシステムへの影響は僅かで、変圧器の冷却ファンの運転には至らなかった。

次の数日以上にわたって、メーカーがこの問題をより明確にすることを試みたので、我々は様々な条件下における多くの電力品質の記録を集めることができた。これらの測定によって、調光機器の運転による低次の奇数高調波によって電力が歪んでいることがわかった。発注者のアメリカを本拠とする電気技術スタッフのための現場における耳目として役立つことにより、この問題をよりよく理解するのに必要な情報を集めることができた。メーカーと発注者の技術スタッフは、解決策を見つけられるまでは調光器をバイパス・モードにし、可能な解決策を考えるためにアメリカに引き返すことに決定した。

5.5 温度成層

調光システムによる高調波の相互作用の解決を待つあいだ、製造エリアにおいて温度成層に関する多くの測定が行われた。これらのうち特徴的なものは、外気温度が約 65° F (18°C) で横ばいに達した、一部晴れのある日の午後 5 時頃に行われた測定であった。この日は、照明器具は点灯されず、また、空調機は表 1 のように運転された。

これらの測定が示すところは、屋内の発熱負荷がない適度な外気温のときにおいてさえ、監視エリアにおいてかなりの成層現象が生じるであろうということであった。

6. 討 論 (考 察)

この論文中で示したように、昼光照明の概念はこの産業施設においてよく作用した。晴から一部曇りの状態まで、自然光を十分に利用でき、照明用電気エネルギー消費を大幅に低減することができた。相当に厚い曇天のときでさえ、自然光照明はかなりの貢献をした。これは、高められた屋根ラインの視覚的な特徴と共に、従業員にと

って作業環境が非常に改善されたこと、かなり北方で曇り勝ちの気象の下では特別の価値があることを知覚させる結果となった。

調光システムによる結果は明らかに、昼光照明による結果ほど快適ではなかった。これらは予期されなかったことで、前述した試験を行った後でさえそうであった。これらの問題の一部は、この現場におけるいささか特異な諸現象の組み合わせから生じたか、もしくは、増幅されたものである。

- ・ イギリスにおける照明は他の設備と同じ電圧であるため、高調波を絶縁する照明用の変圧器がなかった。
- ・ 調光装置が、主変圧器のすぐ近くに設置されたため、インピーダンスが低くなり、回路のこの部分における高調波の低減が少なくなった。
- ・ 照明システムはこの施設の全電力負荷の非常に大きな部分を占めていた。
- ・ 全体の回路設計はイギリスの標準によっているので、アメリカで使われているよりは低インピーダンスであり、これがまた、高調波の低減の機会を少なくしている。
- ・ これらの条件の全体的な影響と一般的な回路レイアウトにより、生じた高調波周波数にてこれらがかなり共振しやすいという状況になった。

性能検証作業に続いて何ヶ月もの努力がこのシステム効果の問題の解決に集中された。これらの努力は、メーカーと発注者の両方の技術スタッフによって行なわれ、以下のような結果がもたらされた。

- ・ この問題は、最初に考えたよりもっと技術的に複雑で、調光システムとその負荷だけでなく、電力幹線、配電変圧器、プラント全体にわたる力率改善計画(デルタ接続されたコンデンサの大容量バンク)、非調光の誘導性負荷(蛍光灯器具)、および、プラント内にこれから設備される予定の誘導性負荷(電動機負荷など)も含めた完全なモデル化を必要とした。振り返ってみると、この作業は電気設備設計者によってシステムの

表 1
温度成層計測

測定個所 Ft (m)	温度 ° F (°C)
床上 4 (1.2)	68.6 (20.3)
床上 27 (10.8)	70.7 (21.5)
30 (主屋根高さ) (9)	—(境界層)
モニター屋根の下 4 (1.2)	79.3 (26.3)
モニター屋根の下 2.5 (0.75)	79.9 (26.6)
モニター屋根の下 1 (0.3)	80.2 (26.8)

最終設計と施工に至る以前に行なわれるべきであった。

- ・電気設備設計者から情報を敏速に受け入れる際の課題点が不必要にプロセスを遅らせてしまった。これは多分、彼らが調光システムにオーナーシップを感じていなかったからであろう。
- ・メーカーと発注者は、性能検証チームによって集められた現場のデータと公表されているライン高調波に関する英国基準を用いて、アクティブ式とパッシブ式の電子フィルタを含む、問題の解決に至る見込みある数多くの解決法を検討した。
- ・メーカーは、調光された出力波形にある形のデジタル・フィルタリングを施すために、マイクロプロセッサベースの各調光ユニット自身の能力を利用することにより、英国高調波基準の厳密な仕様に最終的には適合させることができた。

結局、調光装置を撤去すると言う最終結果となって、何がこの問題のうまい解決策であったかと言うことが輻射してしまっただけであった。相互作用のすべてを解明することは困難であるが、多くの問題、課題が指摘できる。これらの問題に含まれることとして、発注者の設計スタッフがエネルギー効率化の支持者を失ったこと、施設の英国のスタッフは（昼光照明は喜んで受け入れたが）調光システムを無理強いされたと感じたこと、省エネルギーのための予算が緊縮になったこと、発注者の技術スタッフは機器への信頼を失ったこと、メーカーが（改善策を完全に実施するために）現場へ引き返すのが遅れたこと、などがある。この最終結果は、最先端技術がある種の困難には屈服してしまうということを強調する結果となった。

調光装置と関係がない照明システムに関する最後の点は、初期照度が予定値より若干低いレベル（予定値 100fc (1000lx) 強に対し 90fc (900lx) 半ば）であったことである。この状況に鑑み、後に予定値 100fc (1000lx) の原点は何であったかが追求された。この結果、この設計値は初期のプロジェクトに対するものであって、その後、多くの新プロジェクトの中で持ち越され、遂に受け渡された基準値となったものあることが判った。実際のところ、発注者は、今回の照明器具の配置によって得られた照度レベルに全く満足であって、照度レベルが 100fc (1000lx) 強の、90fc (900lx) 代半ばの、と言うことには関りが無かった。将来の製造エリアのために、ほかの光源（例えば蛍光灯）についての照明の評価を続けることにより、やや低目より現実的な基礎的ケースと比較することができよう。

照明システムと無関係であるが、温度成層の測定によって、モニタ領域、特に屋根の線よりも上でこの効果が著しいことを示した。これらの測定データに後押しされて、設計チームは、次の施設の設計において、この効果を高くする設計上の開発努力を継続した。

7. 結論

エネルギー性能の観点に立った性能検証は、省エネルギーシステムを設計、実施するときに非常に重要である。特定の手法を選択した意志決定プロセスの一部はその性能に基づいているので、これを確認することは本質的に重要なことである。さらに、もし、相互に影響しあう、しばしば複合的なシステムが全能力を発揮していない場合は、修正動作を同定して出来るところから実行に移すべきである。性能検証チームの存在によって設計目標を確定し得るだけでなく、例えば始動時点のような、殆どの問題が発生しそうな時と所に、意欲的で博識なチームをそこに配置することができるのである。さらにこのチームは、如何なる問題も敏速に解決し得ることが望ましい。遅れは（プロジェクトの全過程を通じて存在すると思われる）技術への反論を際立たせ、技術と言うものに永続的で不相応な悪い名前を与えてしまうかもしれない。

技術の新しい組み合わせを用いる省エネルギーシステムの性能検証は、この論文で示したように多くのチャレンジを示す。設計プロセスの一部として独立した性能検証機関を恃むことによって、発注者は性能の確定、（現施設と将来設計の両者の）改善分野の同定、そして、問題が発生した時に付加的な情報源を確かなものにする。全体として、性能検証機関あるいは発注者への報告者であるエネルギー効率化コンサルタント（多分同一人物であろう）を設計チームの一部として含めると、先端技術的な省エネルギー手法の設計と実施とを成功に導く。（Wolpert 1992）。

このプロジェクトに続いて、（多分、より良く高調波に精通した）このメーカーは、これと同様なプロジェクトの現場業務の比率を大いに高めた。彼らはしばしば、彼らの仕事をコンサルタントと発注者のそれとを調整して、本論文で述べたものと同様な性能検証チームを形作ることができる。彼らの報告は例外なしに前向きである。

8. 謝辞

昼光・人工併用照明の解析と設計に関して ERG Intl. の Claude Robbins 氏ほかのスタッフの多くの作業に感謝します。現場作業における Reuben Brown 氏（ヒューストン(TX)）と Clay Walls 氏（サンマルコス(TX)）のお二人の支援は大きなものでした。さらに、Ron Perkins 氏（ヒューストン(TX)）の支援と協力に謝意を表します。Bob Logan 氏（ヒューストン(TX)）からは高調波の検知と分析の問題に関する明確な情報を得たことに謝意を表します。最後に、プロジェクト全体にわたる、Bob Morton 氏（サンマルコス(TX)）の努力と費やした時間に感謝します。

参考文献

- 1) Ashton, W., C.L. Robbins. : DAYLITE is registered trademark of Solar Soft, Inc., Burlingame, CA.
- 2) Jones, B. : Commissioning guidelines. Bonneville power Administration (BPA). DOE/BP-1574.(1991)
- 3) Pedreyra, D. : BEACON is a registered trademark of Energy Systems Engineers, Denver, CO.
- 4) Robins, C.L., et. Al. : Unpublished work carried out for the described project. Littleton, CO. (1989)
- 5) Wolpert, J.S., C.L. Robbins : An energy responsive building guideline. Proc. Of the Seventh Symposium on Improving Building Systems in Hot and Humid Climates, Fort Worth TX. (1990)
- 6) Wolpert, J.S., L.R. Rozek : Short-term monitoring as a design evaluation tool. Proc. Of Association of Energy Engineers Conference, Boston, MA.(1992)
- 7) Wolpert, J.S., J.I. Stein, C.L. Robbins : Waste-to-energy and absorption chiller: A case study. Proc. of the Seventh Symposium on Improving Building Systems in Hot and Humid Climates, Fort Worth, TX.(1990)
- 8) Wolpert, J.S., J.I. Stein, C. Robertson : Simulation, monitoring and the design assistance professional . Energy Engineering 89(5): 6-22.(1992)

討 論

Herb Becker、ニューヨーク在住のエンジニア：施工中の性能検証は要素機器とサブシステムは個々に完成されるので、建設後の性能検証に対する責任のほうがもっと重要ではないですか？講演者によってはそうではないとほめかす人がいますが。

J. S. Wolpert : 私も、一般的には、建設後の作業が最も重要な段階であると思います。性能検証の意図は、全体のシステムが、統合された形で適切に機能することを保証することであるので、この全体性能を文書化し支援する作業が本当の価値が存在するところです。もちろん、いくつかのプロジェクトにおいては、成功裏にこの全体目標を達成すると言う点で施工中の仕事が他より重要でしょう。

Frank Mayhew、カリフォルニア州 CastroValley の ECTC Consulting, Inc のコンサルタント：様々なメーカーの代理人や他の当事者が要請されて現場に到着したのに機器が作動状態にない時は誰が支払いますか。誰が支払うことを求めますか？

Wolpert:これは問題となるところで、私の関係したプロジェクト中でもしっかりと計画されていなかったものです。私の論文に記述されたプロジェクトでは、発注者が自らのスタッフとエネルギーコンサルタントの追加時間に対して支払い(幾つかの点を除いて)殆ど問題は有りませんでした。メーカーは少し割増し時間を組込んでいたので、予算上で数日の分の時間超過という気がします。彼らはこのときの請求書を提出するつもりでしたが、そのプロジェクトに続く仕事を果たため、多分その中で費用を吸収したと思います。将来のプロジェクトでは、この状況は前もって契約上扱われ、すべての当事者が条件・要求事項をよく知っておくよう強く勧めたいと思います。