

SEMI F53-0600 (Reapproved 0412) TEST METHOD FOR EVALUATING THE ELECTROMAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF THERMAL MASS FLOW CONTROLLERS

サーマル・マスフローコントローラの電磁感受性評価の試験方法

Notice: This translation is a REFERENCE COPY ONLY. If differences should exist between the English version and a translation in any other language, the English version is the official and authoritative version.

免責事項: この SEMI スタンドアードは、投票により作成された英語版が正式なものであり、日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

SEMI スタンドアード日本語翻訳版をご利用にあたっての注釈を本文の末尾に記載しております(「すべきである」「しなければならない」について等)。

本スタンドアードは、global Gases Technical Committee で技術的に承認されている。現版は 2011 年 12 月 24 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2012 年 4 月に www.semiviews.org および www.semi.org で入手可能となる。初版は 2000 年 7 月発行。前版は 2007 年 3 月発行。

注意: 本文書は、編集上の修正を伴い、再承認された。

1 目的

1.1 本文書の目的は、サーマル・マスフローコントローラの電磁感受性の評価および試験のための体系的方法を定めることである。

2 範囲

2.1 本文書は、サーマル・マスフローコントローラがその産業に特有の EMI レベルに置かれた時、機能特性を保持するか否かを評価するために使用することができる要求事項および試験方法を述べる。試験方法は、コントローラが EMI に曝されたときの輻射感受性(RS)および伝導感受性(CS)の両方を記述する。電磁感受性の要求条件は MIL-STD-461C および SAMA PMC-33.1 によるものであり、試験方法は MIL-STD 462 に定められている RS03, CS01, CS02 および CS06 試験方法の組合せである。

注意: このスタンドアードおよび安全ガイドラインはその使用に関連した全ての安全上の問題を取り扱うことを意図していない。この文書の使用者は、その責任において、適切な安全および健康上実施すべき事項を決定し、また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

3 制限

3.1 本試験方法は AC 電源の MFC に対しては設計されていない。本試験方法は DC 電源導線および制御信号を経由する MFC の電磁感受性を対象とする。

4 参照スタンドアードおよび文書

4.1 Military Standards¹

MIL-STD-461C — Electromagnetic Emission and Susceptibility Requirements for the Control of Electromagnetic Interference

MIL-STD-462 — Measurement of Electromagnetic Interference Characteristics

MIL-STD-463A — Electromagnetic Interference and Electromagnetic Compatibility Technology Definitions and Systems of Units

4.2 その他の文書

¹ United States Military Standards, Available through the Naval Publications and Forms Center, 5801 Tabor Avenue, Philadelphia, PA 19120-5099, USA; Telephone: 215.697.3321.

注意：別途指示のない場合、引用された全ての文書は最新版である。

5 用語

5.1 略語および頭字語

- 5.1.1 CS — 伝導感受性
- 5.1.2 dB — デシベル
- 5.1.3 DC — 直流
- 5.1.4 EMC — 電磁両立性
- 5.1.5 EMI — 電磁障害
- 5.1.6 GHz — ギガヘルツ
- 5.1.7 kHz — キロヘルツ
- 5.1.8 MFC — マスフローコントローラ
- 5.1.9 MHz — メガヘルツ
- 5.1.10 MIL-STD — 米軍規格
- 5.1.11 psia — 絶対平方インチ当たりポンド
- 5.1.12 psig — ゲージ平方インチ当たりポンド
- 5.1.13 RF — 無線周波数
- 5.1.14 RG-58 — 特定型名の同軸ケーブルの仕様
- 5.1.15 rms — 二乗平方根
- 5.1.16 RS — 輻射感受性
- 5.1.17 T — テスラ
- 5.1.18 V — ボルト
- 5.1.19 V/m — ボルト／メートル

5.2 定義

- 5.2.1 電磁感受性 (CS: *conducted susceptibility*) — 伝導放射に対する機器の脆弱性。
- 5.2.2 電磁 (EM: *electromagnetic*) — 電氣的又磁氣的性質のすべてのエネルギー。例えば、電流または磁場。
- 5.2.3 電磁適合性 (EMC: *electromagnetic compatibility*) — 電子機器またはシステムが意図した電磁的運転環境において設計通りの効率レベルで運転しうる能力。
- 5.2.4 電磁妨害 (EMI: *electromagnetic interference*) — 電磁的な妨害による必要電磁信号の損傷。
- 5.2.5 接地 (*ground*) — 意図的または偶発的に関わらず、電気回路または機器単体が大地または比較的規模大きい導体に接続される電導接続。
- 5.2.6 限度 (*limit*) — 所定の規格が許容する感受性のレベル。
- 5.2.7 ノイズ (電氣的) (*noise (electrical)*) — 制御システムの回路内に発現し望ましくない影響を創出する不要な電気信号。
- 5.2.8 輻射感受性 (RS: *radiated susceptibility*) — 輻射された放射に脆弱な機器。
- 5.2.9 安定 (*stable*) — 振幅の変動が一分間フルスケールの±2.0%以内である時の信号レベルの状態。

² Scientific Apparatus Makers Associations; Portions of this method are excerpted from SAMA Standard PMC 31.1-1980 with permission of the publisher, Process Measurements & Control Section, SAMA, 1101 16th St., N. W. Washington, DC 20036, USA.

6 方法の概要

6.1 本試験方法は、サーマル・マスフローコントローラが輻射および伝導障害に対して影響を受けやすいかを決定するための試験機器および手順を記述する。最初、コントローラは 10 ボルト／メートル (V/m) 以下の電界強度レベルで 14 kHz から 1 GHz までの周波数レンジにわたる輻射電界に曝される。更に、コントローラの電源導線がライズタイム 10 μ s の電圧トランジェントに対する感受性を試験される。図 1 の試験方法のフローチャートを参照のこと。

7 干渉

7.1 MFC は電磁 (EM) 界の存在する場所に配置される。MFC がこの電磁界に感受性をもっていると MFC の送り出す流量は有害な影響を受ける。MFC 性能に与える EM 界の影響の大きさを、本試験方法によって定量化されなければならない。

8 装置

- 8.1 輻射電場感受性 (RS-03)
- 8.2 信号発生器 — 14 kHz から 1 GHz
- 8.3 オーディオ電力増幅器 — 14 kHz から 1 MHz
- 8.4 高周波電力増幅器 #1 — 1 MHz から 400 MHz
- 8.5 高周波電力増幅器 #2 — 500 MHz から 1 GHz
- 8.6 電界強度計
- 8.7 オシロスコープ
- 8.8 並列素子アンテナ — 14 kHz から 20 MHz
- 8.9 バイコンカル・アンテナ — 30 MHz から 200 MHz
- 8.10 コニカル・ログ・スパイラル・アンテナ — 300 MHz から 1 GHz
- 8.11 三脚
- 8.12 同軸ケーブル, 50 フィート, Rg-58 — 両端に BNC 雄プラグ
- 8.13 X10 減衰器スコープ・プローブ
- 8.14 相互接続用同軸ケーブル一式
- 8.15 流量標準 — 下流に MFC 経由のフローに直列に設置される。流量標準はフルスケールの $\pm 0.3\%$ 以内で流量を計測できるものでなければならない。
- 8.16 フロー出力モニター — MFC 出力および信号のコモン／接地点に接続されている。モニター／レコーダーは直流 0~10 V レンジにわたり ± 5 mV 以内で計測できるものでなければならない。
- 8.17 電源および制御用導線のトランジェント・感受性 (CS-06) (伝導感受性)
- 8.18 スパイク発生器 — 直列および並列出力を有するもの。
- 8.19 オシロスコープ — 2 チャンネル
- 8.20 X10 減衰器プローブ
- 8.21 X100 スコープ減衰器プローブ — 各 2 個
- 8.22 テスト導線 — 長さ 12 インチで各 4 個、両端にバナナ・プラグを有する。

9 試料および材料

- 9.1 テストガス — 露点が -40°C 以下でガス源における送出圧力が 35 psig または 342 kPa の窒素ガス。

10 安全予防措置

- 10.1 安全上の注意事項 — 本試験方法は危険な材料、操作および機器を使用することがある。
- 10.2 ユーザは各々の機器設備について実務的知識を有し、試験部材の適切な取り扱いを行い、正しい実験室慣行を理解していなければならない。ユーザは部材が定格 (例えば、圧力、温度、流量、および電圧) を超えるような操作をしてはならない。

10.3 技術的注意事項 – これらの試験は、近傍の機器設備または電気システムとの EM フィールドによる潜在的問題を避けるために、シールドまたはスクリーンされた室内で行うものとする。少なくとも、本試験シリーズに関連する機器設備(図 2 参照)は、確実に適切な操作を行うため EM フィールドからシールドされなければならない。

11 装置の準備

11.1 試験用ガス源および送出システムは、 ± 0.1 psia または ± 0.7 kPa の一定圧力で試験流量率を満たすことができるものであること。

11.2 試験用ガス源および送出システムは、各々の分析の間、周囲温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ でガスを送出できるものであること。周囲温度は $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ に保たれるものとする。

12 校正および標準化

12.1 試験ごとに、試験機器の校正が最新であることを確認する。

13 手順

13.1 製造業者の指示に従って MFC を試験用装置に設置する。

13.2 製造業者の仕様に従って図 3 に示すすべての機器に電源を入れる。機器製造者が指定する時間、装置がウォームアップするのを待つ。

13.3 試験 MFC が最大定格流量率である場合、システム容積を一度置換するのに要する時間の 10 倍の時間をかけて窒素でシステムを窒素でパージする。

13.4 入口閉止弁を閉める。次に MFC に隣接する出口閉止弁を閉める(図 2 参照)。MFC 設定を流量ゼロに調整する。信号が安定するまで待つ。データシートに下記を記録する。

- MFC 指示流量
- 流量標準流量
- 周囲温度
- ガス温度
- ガス圧

13.5 MFC に隣接する入口および出口閉止弁を開く(図 2 参照)。MFC 設定点を 50% に調整する。MFC について製造業者の指示する条件がすべて満たされていることを確認する。出力信号が安定すれば、MFC 出力信号、流量標準出力信号、周囲およびガス温度、およびガス圧を表 1 のデータシートに記録する。

13.6 EM フィールドの輻射を受ける領域内では、MFC 電源導線および制御信号ケーブルはシールドされていることを確認する。ケーブルのシールドはコネクタの所まで完全でなければならない。シールドおよびコネクタの型名は表 1 のデータシートに記録しなければならない。

13.7 輻射電界感受性(RS-03)

13.7.1 14 kHz から 20 MHz: までの試験

13.7.1.1 並行素子アンテナをコントローラから 1 メートル離れた三脚に取り付け、50 フィート長の RG-58 同軸ケーブルでアンテナをオーディオ電力増幅器に接続する(図 3 参照)。スイッチを低周波レンジに設定する。

13.7.1.2 増幅器の入力を信号発生器出力に接続する。

13.7.1.3 増幅器と信号発生器の電源を入れる。

13.7.1.4 X10 プローブを用いてアンテナ端子間にスコープを接続する。

注 1: 50 オーム終端の同軸線ではなく X10 プロブを用いることは重要である。オーディオ増幅器は 50 オームに対して必要電圧を駆動出来ない。

13.7.1.5 信号増幅器の周波数出力を 14 kHz に設定する。

13.7.1.6 信号発生器の変調をオフにし、アンテナ入力コネクタ間の電圧を 35 V rms に設定する。

注 2: 1 MHz 以下の周波数でアンテナに与えたこの電圧により、アンテナから 1 メートルの距離において 10 V/m の必要電界強度が確立される。

13.7.1.7 どの周波数においても、アンテナ端子間に必要な電圧が発生しない場合、機器の定格を超えない範囲で最大に設定する。

13.7.1.8 電圧を設定すると、変調をオンにして内蔵の 1 kHz ソースで 50% 振幅変調になるように調節する。

13.7.1.9 この輻射フィールドの存在する状態でコントローラの動作をチェックする。MFC が示す流量、流量標準出力、および周波数を表 1 のデータシートに記録する。

13.7.1.10 ¶13.7.1.10～¶13.7.1.15 の記述に従って周波数を変化させる前に、電圧振幅をゼロに減らす。

13.7.1.11 周波数を 20 kHz に設定して¶13.7.1.6～¶13.7.1.9 を繰り返す。

13.7.1.12 周波数を 50 kHz に設定して¶13.7.1.6～¶13.7.1.9 を繰り返す。

13.7.1.13 周波数を 100 kHz に設定して¶13.7.1.6～¶13.7.1.9 を繰り返す。

13.7.1.14 周波数を 200 kHz に設定して¶13.7.1.6～¶13.7.1.9 を繰り返す。

13.7.1.15 周波数を 500 kHz に設定して¶13.7.1.6～¶13.7.1.9 を繰り返す。

13.7.1.16 周波数を 1 MHz に設定して¶13.7.1.6～¶13.7.1.9 を繰り返す。

13.7.1.17 試験機器の電源を落とす。それからオーディオ増幅器を取り外し、その場所に高周波電力増幅器#1 を設置する。

13.7.1.18 1 MHz を超えるので、アンテナスイッチを高周波レンジに切り換える。

13.7.1.19 試験機器の電源を入れ試験を再開する。

13.7.1.20 信号発生器出力を 2 MHz に設定し、コントローラ設置場所の電界強度計を用いて、電界強度を 10 V/m に設定する。

注 3: どの周波数においても、求める強度が出来ない場合は、機器の定格を超えない範囲で最大に設定する。

13.7.1.21 電圧を設定したら、変調をオンにして内蔵の 1 kHz ソースで 50% の振幅変調になるように調節する。

13.7.1.22 この輻射フィールドの存在する状態でコントローラの動作をチェックする。MFC 表示流量、流量標準出力、および周波数をデータシートに記録する。

13.7.1.23 ¶13.7.1.23～¶13.7.1.25 の記述に従って周波数を変化させる前に、電界振幅をゼロに減らす。

13.7.1.24 周波数を 5 MHz に設定して¶13.7.1.19～¶13.7.1.22 を繰り返す。

13.7.1.25 周波数を 10 MHz に設定して¶13.7.1.19～¶13.7.1.22 を繰り返す。

13.7.1.26 周波数を 20 MHz に設定して¶13.7.1.19～¶13.7.1.22 を繰り返す。

13.7.1.27 周波数固定の試験の後、信号源を 50 kHz から 20 MHz まで約 35 V rms または 10 V/m の電圧でスイープする。スイープの最中に誤動作が生じた場合は、中止してその周波数レンジに戻り単一周波数で試験して誤動作を探索する。MFC 表示流量、流量標準出力、および周波数を記録する。単一周波数の試験では誤動作が無く、スイープの時のみ生じるのであれば、問題は多分信号源がある周波数でレンジを切り換えねばならず、その切り換え時に強いトランジエントノイズを発生することがあるのであろう。単一周波数の結果のみが信用できる。スイープは問題が無いかわかるものであって問題を確定するものではない。

13.7.1.28 信号源出力をゼロまで減らし、試験機器の電源を落とす。

13.7.1.29 並行素子アンテナを切り離し取り外す。

13.7.1.30 30 ～200 MHz までの試験

13.7.1.31 バイコニカル・アンテナを三脚に取り付ける。¶13.7.1.1～¶13.7.1.9 と同様の順序で時化を行う。

13.7.1.32 高周波電力増幅器#1 が引き続き設置されていることを確認する。

13.7.1.33 少なくとも次の周波数で試験を行う: 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, および 200 MHz

13.7.1.34 各周波数において、アンテナを垂直および水平の両方の位置で、コントローラ設置場所の電界強度計を用いて電界強度を 1 V/m に設定する。

13.7.1.35 この輻射フィールドの存在する状態でコントローラの動作をチェックする。MFC 表示流量、流量標準出力、および周波数をデータシートに記録する。