

低温環境でのサーマルマネジメント

堀内 健正

Thermal management in low temperature environment

Takemasa HORIUCHI

In recent years, the power generation equipment by natural energy such as solar and wind power, etc., and the electric chargers for electric vehicles have been quickly increasing in number. Since this type of equipment is used in a severe temperature and humidity environment, we expect the need for temperature control in low temperature environment and problems such as dew condensation due to the extreme temperature change.

To address these problems, we have expanded our thermal management products. For example we have introduced a cooling fan with a wider operating temperature range, and a heating module to prevent dew condensation, etc.. From the viewpoint of the thermal management, our goal is to totally improve the temperature and humidity conditions.

Here, we introduce the cooling fan design considerations and test results. Furthermore, we show examples of the temperature and humidity management using a heating module and a temperature switch, etc.

1. はじめに

近年、太陽光や風力などの自然エネルギーによる発電設備や電気自動車の急速充電設備の需要が急速に拡大しています。これらの設備は一般に温湿度環境の厳しい場所に設置されることが多く、外気の影響を大きく受ける環境で使用されます。

発電設備には必ず、電力の変換設備が併設され、設備が運転しているときには機器の発熱により設備内部の温度が上昇します。また、設備が夜間に停止する場合には外気の影響で設備内の温度が急激に低下するとともに、内部の湿度が上昇します。従ってこれら設備の内部は高温、低温、および高湿度といったさまざまな環境になるため、高温環境と低温環境、また湿度対策などを総合的に考えた熱設計が必要となります。

ここではその熱設計の一助として、低温環境からでも運転可能なACプロペラファンと温湿度対策に有効なヒータリングモジュールの効果的な使い方について紹介します。

2. サーマルマネジメントについて

高度な制御システムによって快適な暮らしやビジネスが確立されている今日、その中枢となる装置には多くの電気・電子機器が搭載されています。

それらを24時間365日滞ることなく稼働させるための適切な熱設計は、装置の信頼性向上や長寿命化、また、装置のトータルコストダウンにもつながります。

当社ではお客様の装置を適切な温度に保ちつつ、熱対策で使うエネルギーを削減する「省エネルギー化」や装置の「高信頼性・長寿命化」、熱対策で発生する騒音を低減する「低騒音化」も合わせて実現するサーマルマネジメント（Thermal Management）の考え方で商品とサービスを提案しています。

3. 低温環境でのサーマルマネジメント

ここでは太陽光・風力発電設備とEV（Electric Vehicle）・PHV（Plug-in Hybrid Vehicle）用急速充電設備を例に、低温環境での問題点について紹介します。

3.1. 低温環境での問題点

大型の太陽光発電設備の場合、広大な敷地が必要となるため、周辺の温度環境が一時的に-40℃程度に下がる場所に設置されることもあります。また日照時間中は発電を行うため外気の影響よりも、装置の自己発熱で装置全体の温度は上昇します。しかし日没後、設備が停止したときに外気の影響を受け設備内部まで低温

状態になります。

また、風力発電設備の場合には沿岸の風が強い地域や、山の頂などの周辺温度環境が厳しい場所に設置されます。大型の風力発電設備になると30～40mの高さに電力変換装置も設置されるため、風が強い場合には設備停止時に-40℃程度になることも想定されます。さらに始動時には内部の機器も同時に運転が開始されるため、機器冷却用のファンモーターも低温状態からの運転に対応する必要があります。

EVやPHV用急速充電器の場合、装置自体が屋外に設置されるため、低温状態になると電子部品の定格を下回る可能性や、充電ケーブルが硬化し、クラックが発生することも考えられます。また、外気温の変化によって結露の発生も考えられるため、このような場合には保温と装置内部の湿度コントロールも必要となります。

3.2. 結露の発生原因

装置内部に結露が発生する原因は、内部の絶対湿度（空気中の水分量）が変化しない状態での内部温度の変化にあります。

装置が運転している状態で内部の空気が温かい状態から、運転を停止し、外気によって内部が冷やされると結露が発生します。内部の絶対湿度に変化のない状態で露点温度（空気中の水分が凝結する温度）を下回ることで、空気の抱えきれない水分が結露として現れます。

相対湿度（%RH）は湿り空気線図（図1）から求めることができます。日中稼働している装置内が30℃、30%RHと仮定すると、停止時に装置内部の温度が10℃より低下した場合、相対湿度が100%に達し、結露が発生します。結露は電子回路などに不具合を発生させる原因となり、また、一般的に金属材料は相対湿度が60%を超えると腐食速度が速くなる⁽¹⁾ことが分かっているため、湿度のコントロールが必要となります。

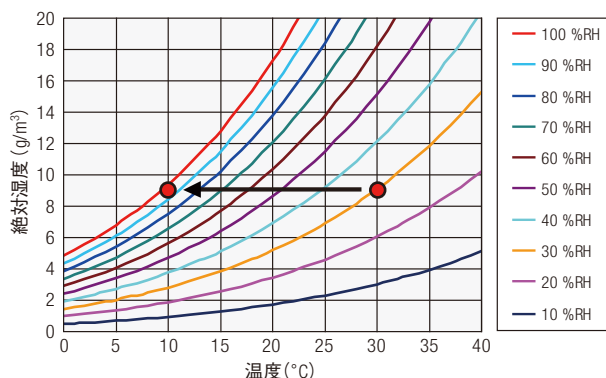


図1 湿り空気線図

4. 冷却ファンの低温環境での運転

従来、当社ではファンモーターの使用周囲温度を-10～+60℃としていました。今回、前述のような自然エネルギー業界の要求を満足するために、再評価を行い使用周囲温度を拡大しました。

その際、太陽光発電設備や急速充電設備という特定の業界だけでなく、適用範囲が広い、ETSI EN 300 019 シリーズを参考にしました。

4.1. ETSI EN 300 019 シリーズの概略

ETSI EN 300 019 シリーズはIEC 60068 および IEC 60721 に基づき、ETSI^(注1)が製品の遭遇する環境の分類や条件を具体化してクラス分けを行った規格です。

IECの規格を基に環境条件の分類や、定義、試験条件について具体的に明記しています。

ETSI EN 300 019 シリーズは図2のように地域規格の位置付けとなります。

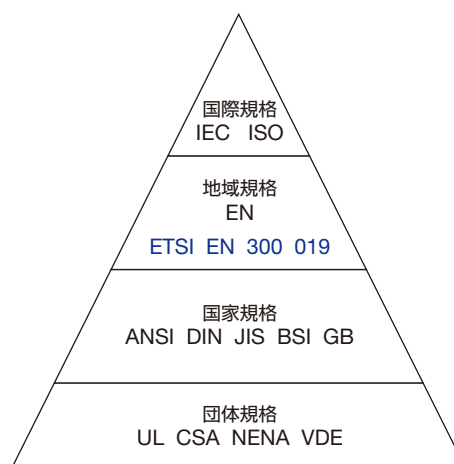


図2 ETSI EN 300 019 シリーズの位置付け

4.2. ETSI EN 300 019 シリーズの環境条件と試験条件

ETSI EN 300 019 シリーズは8種類の環境条件の分類と適用クラス、試験条件に分かれています。製品が使用される環境とクラスを決定すると自動的に必要な試験条件が決定します。環境条件の分類と評価について表1に、試験条件の分類を表2に示します。

(注1) ETSIは正式名称をEuropean Telecommunications Standards Institute（欧州電気通信標準化機構）といい、ヨーロッパ圏の電気通信における標準仕様を策定するために設立された標準化機構です。

表1 環境条件の分類

Classification of environmental conditions	
ETSI EN 300 019-1-0	Introduction
ETSI EN 300 019-1-1	Storage
ETSI EN 300 019-1-2	Transportation
ETSI EN 300 019-1-3	Stationary use at weatherprotected locations
ETSI EN 300 019-1-4	Stationary use at non-weatherprotected locations
ETSI EN 300 019-1-5	Ground vehicle installations
ETSI EN 300 019-1-6	Ship environments
ETSI EN 300 019-1-7	Portable and non-stationary use
ETSI EN 300 019-1-8	Stationary use at underground locations

表2 試験条件の分類

Specification of environmental tests	
ETSI EN 300 019-2-0	Introduction
ETSI EN 300 019-2-1	Storage
ETSI EN 300 019-2-2	Transportation
ETSI EN 300 019-2-3	Stationary use at weatherprotected locations
ETSI EN 300 019-2-4	Stationary use at non-weatherprotected locations
ETSI EN 300 019-2-5	Ground vehicle installations
ETSI EN 300 019-2-6	Ship environments
ETSI EN 300 019-2-7	Portable and non-stationary use
ETSI EN 300 019-2-8	Stationary use at underground locations

当社ファンモーターにおいて想定される環境条件の分類を ETSI EN 300 019 シリーズから選択すると以下のようになります。

環境条件の分類

- ・ ETSI EN 300 019-1-1 Storage
(設備停止時および保管状態)
- ・ ETSI EN 300 019-1-2 Transportation
(輸送時)
- ・ ETSI EN 300 019-1-3 Stationary use at weatherprotected locations
(機器組み込み使用時)

環境条件を決定すると ETSI EN 300 019 シリーズから以下のように試験条件が決定します。

試験条件の分類

- ・ ETSI EN 300 019-2-1 Storage
(設備停止時および保管状態)
- ・ ETSI EN 300 019-2-2 Transportation
(輸送時)
- ・ ETSI EN 300 019-2-3 Stationary use at weatherprotected locations
(機器組み込み使用時)

4.3. クラスの決定

ETSI EN 300 019 シリーズでは、温度、湿度、粉塵、振動などの環境条件を規定していますが、今回は低温環境についての確認をするため、条件を低温に絞って決定しました。

ETSI EN 300 019 シリーズは環境条件の分類の中でさらにクラス分けがされており、求める性能によってクラスが変化します。ETSI EN 300 019-1-1 Storage

の例を表3に示します。

表3 ETSI EN 300 019-1-1 Storage クラスの分類

Environmental parameter	Class			
	1.1	1.2	1.3	1.3E
Low air temperature	-5°C	-25°C	-33°C	-45°C

業界の要求として保存温度下限-40°Cを満たすクラスを適用すると ETSI EN 300 019-1-1 Storage のクラスは表3から1.3Eとなります。

Storageと同様に Transportation および Stationary use at weatherprotected locations についてもクラスを決定した結果を表4に示します。

表4 環境条件の分類ごとに決定したクラス

分類	Class	Low air temperature	High air temperature
保管時	1.3E	-45°C	+45°C
輸送時	2.3	-40°C	+70°C
機器組み込み使用時	3.4	-40°C	+70°C

4.4. 試験条件

ETSI EN 300 019 シリーズの各環境条件の分類に示されている試験条件を表5に示します。低温環境に絞って考えるため、今回は低温放置試験と温度サイクル試験を実施しています。それぞれで規定されている試験の中で、最も厳しい条件の試験を行いました。

表5 クラスによって決まる各試験条件

分類	Class	環境試験		
		低温放置試験	温度サイクル試験	
			温度範囲	温度変化
保管時	1.3E	-45°C	-10~+40°C	最高/最低温度3h放置
		72h放置	2サイクル	0.5°C/min
輸送時	2.3	-40°C	-40~+30°C	最高/最低温度3h放置
		72h放置	5サイクル	1.0°C/min
機器組み込み使用時	3.4	-40°C	-45~+5°C	最高/最低温度3h放置
		16h放置	2サイクル	0.5°C/min

4.5. 判定基準

表5の試験に対して、以下の基準で判断をしました。

- ・ 常温に戻したときに製品の特性、絶縁、外観状態に問題がないこと
- ・ 部品の著しい劣化がないこと

4.6. 社内評価

さらに当社内の確認として信頼性をより高めるため、以下の試験を行い確認をしています。

- ・ -30°Cで自起動し、回転し続けること
- ・ -30°Cで一定時間の連続運転ができること

5. 使用環境について

4章で述べた試験条件に基づいて、ファンモーターを試験し、使用温度範囲の拡大および、保存温度範囲の追加を行いました。

拡大・追加した内容は以下のとおりです。

使用温度範囲：通電して使用できる温度範囲

- 10 ~ +60℃ → - 30 ~ +60℃

保存温度範囲：無通電状態で放置しておける温度範囲

- 40 ~ +70℃

一部の製品で温度範囲が異なる製品があります。詳しい仕様については、カタログの一般仕様をご確認ください。

また、当社の製品は機器組み込み用であり、屋外での単独使用は想定していません。冷却用ファンモーターであるため、冷気の循環等の用途も想定していません。

6. 低温環境に対応したサーマルマネジメントシステム機器

今回の ETSI EN 300 019 シリーズの適用によりファンモーターの低温環境対応が実現し、低温環境に対応したサーマルマネジメントシステムとして以下の製品をラインアップしました。

① AC プロペラファン

風量の大きい送風が特徴です。大型から小型まで種類が豊富です。



図3 MRSシリーズ、MUシリーズ

②ヒーターモジュール

シーズヒーターに放熱板、プロペラファンおよびフィンガーガードを組み付けたものです。筐体内の結露・高湿度対策、寒冷地での凍結・低温対策に有効です。



図4 ファン付スペースヒーター HMAシリーズ

③温度スイッチ

装置内部の温度変化に応じてファンモーターやヒーターモジュールの運転・停止を自動制御します。接点方式はバイメタルです。



AM1-XA1
ファン用ノーマルオープン



AM1-XB1
ヒーター用ノーマルクローズ

図5 温度スイッチ

7. ヒーターモジュールと温度スイッチの使用例

ヒーターモジュールは図6のように筐体内の低い位置に取り付けることで温風を効果的に利用することができます。装置内部が設定温度まで暖まると、組み合わせた温度スイッチでヒーターモジュールを自動的に停止させ、装置内部が設定温度を下回ると、自動的に作動させます。温度スイッチと合わせて使用すれば過熱を防ぎながら装置内温度を一定に保つことができます。

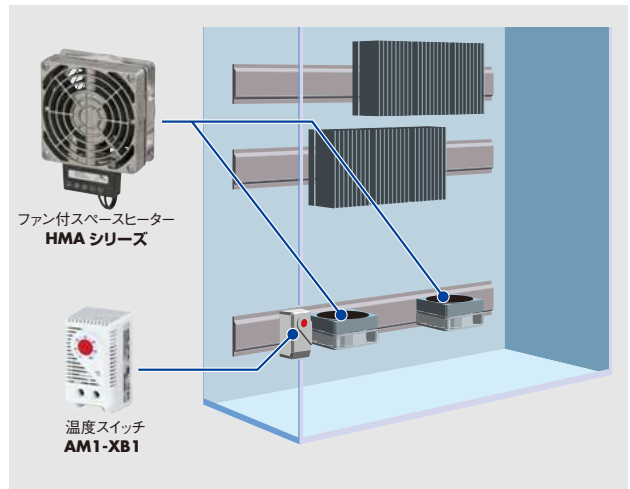


図6 ヒーターモジュールと温度スイッチ組合せ例

図7にマシニングセンタの制御盤内部に発生していた結露による不具合を解決するために、ファン付スペースヒーターと温度スイッチを使用した例を紹介します。

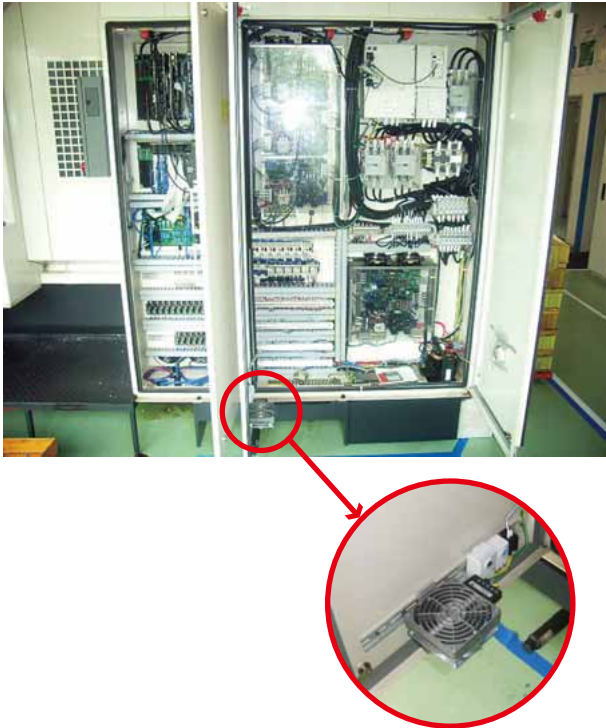


図7 ヒーター使用例

拡大図のように扉内側の下部にファン付スペースヒーターを設置し、ヒーターを使用した場合と使用しない場合で湿度の推移を比較測定しました。その結果を図8に示します。

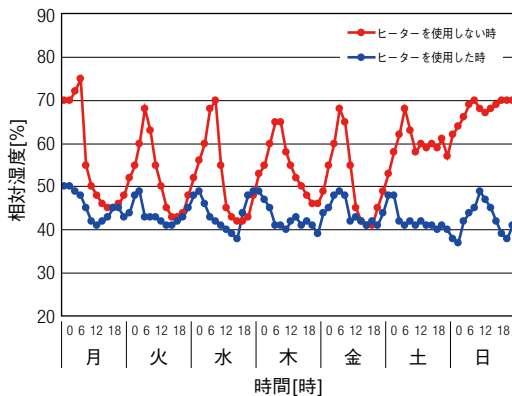


図8 湿度推移データ

ヒーターを使用しない場合は相対湿度が最高で75%を超える値となっていますが、ヒーターを使用することで50%以下に保つことができます。

8. まとめ

以上、低温環境で想定される問題点とその対策について、冷却だけではなく総合的に温湿度をコントロールするサーマルマネジメントの考え方で解決方法を紹介しました。当社のサーマルマネジメントシステム機器を適切に組み合わせることにより、お客様の装置をより良い環境に置くことができ、結果として装置全体の信頼性の向上につながるものと考えます。

参考文献

- (1) 森河 努 「電子部品の腐食損傷と分析」 大阪府立産業技術総合研究所
http://tri-osaka.jp/group/kikaikinzoku/hyomen/surface/morikawa/pdf/corr_pdf/tri1.pdf (2012/5/15)

筆者



堀内 健正

TM 事業部