

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	ガスタービン増出力用の吸気加湿冷却システム－日立W A Cシステム－
著者(和文)	宇多村 元昭, 桑原 孝明
出典(和文)	日本ガスタービン学会誌, Vol. 28, No. 3, pp. 75 - 77
発行日 / Pub. date	2000, 5

ガスタービン増出力用の吸気加湿冷却システム — 日立 WAC システム —

宇多村 元昭*¹
UTAMURA Motoaki

乗原 孝明*²
KUWAHARA Takaaki

キーワード：ガスタービン、増出力用、MAT サイクル、水噴霧、吸気冷却、WAC

1. はじめに

ガスタービンには電力需要の高まる夏期に出力が自然低下するという特性があり、その改善が求められている。この現象は、気温の上昇に伴う空気密度の低下により、圧縮機が吸引する空気の質量が減り、焚ける燃料量が減少することに起因する。

本稿では、省スペース型の出力増加策として日立が開発したガスタービン吸気加湿冷却システム WAC (Water Atomization Cooling System) を紹介する。

2. システムの概要と原理

図1に吸気加湿冷却システムの概念を示す。圧縮機につながる吸気ダクト中に、常温の水を噴霧する装置が配置され、これに給水配管ならびに噴霧水滴を微粒化するための給気配管が接続された構成になっている。超微粒の水噴霧を形成し吸気に均一に混合することにより、気化を促進して吸気が圧縮機に到達する前に100%の飽和湿り空気にする。この過程で、吸気は気化熱により冷却され、圧縮機に流入する空気の質量流量が増す。さらに、余剰の水滴は圧縮機に流入し蒸発して圧縮空気も冷却する。これにより、圧縮機の動力を低減すると共にタービ

ン軸出力を増加する。本システムには後者の冷却機構(湿り圧縮)があるために、従来の蒸発冷却方式(Evaporative Cooler)と異なり、増出力の大きさが大気湿度の影響を受けにくい。吸気加湿冷却システムの増出力原理は、既知の増出力サイクルの組み合わせとして理解することができる。すなわち、吸気を冷却して質量流量を増大する①吸気冷却(Inlet Air Cooling)、湿り圧縮で比出力を増加する②インタークーリングと③蒸気注入である。本システムは、これら3種のサイクルを少量の水で一度に実現する新しいサイクルと考えられるので、MAT サイクル(Moisture Air Gas Turbine Cycle)と呼称している。このように、吸気加湿冷却システムは水の気化熱を利用して圧縮機の作動流体を冷却することでガスタービンの出力と熱効率を増加するものである。

3. 噴霧ノズルと設備

吸気加湿冷却システム開発のポイントの一つに、超微細な水滴を形成する噴霧ノズルの開発があった。目標粒径は①圧縮機動翼と飛来水滴との衝突回避ならびに②空気の圧縮機内通過時間(10 ms)内での蒸発完了という2つの条件を満足する値(10 μm)とした。図2は、生成した噴霧の様子を示す。このミストは自然界の雲(粒径は6~14 μm)と同一水準にあり、重力沈降速度は1 cm/sのオーダーである。

設備の設置状況を、115 MW (F9E) シンプルサイ

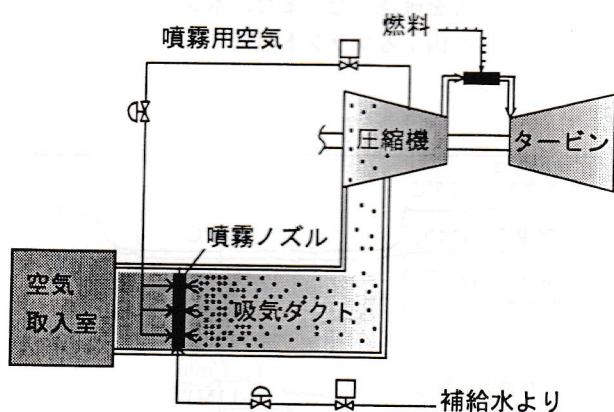


図1 ガスタービン吸気加湿冷却システム

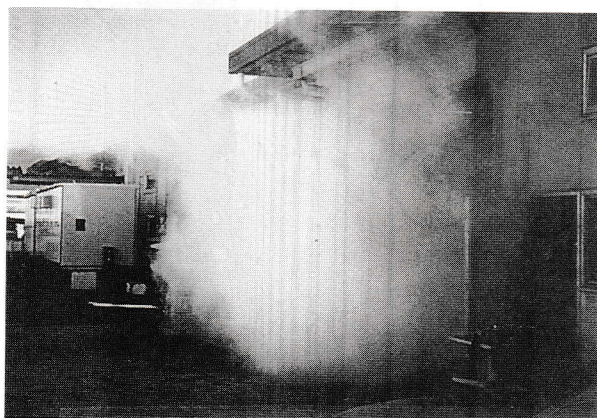


図2 噴霧ノズルで形成したミスト

原稿受付 2000年3月6日

*1 日立エンジニアリング(株) 電力エンジニアリング第1部
〒317-0073 茨城県日立市幸町3-2-1

*2 株式会社日立製作所 火力・水力事業部 火力システム部

クル発電所を事例にして示す。噴霧ノズルは吸気サイレンサの下流に設置し、流路断面内に均一に配置した。図3は吸気ダクト上の給水ヘッダと給気ヘッダを、図4はその直下に配置されたノズルラックの設置状況をそれぞれ示す。吸気の流れは写真の左から右に向いている。

4. 実証試験

㈱日立製作所素形材本部の上記発電所で吸気加湿冷却システムの実証試験を行った。噴霧用の給水は、既設のNOx低減用水注入装置に用いる水と同じである。給水系の容量は150l/minで、対吸気重量比で0.65%に相当する。この量は、NOx低減のために燃焼器に注入する水量の約1/2あるいは燃料流量の1/4に相当している。噴霧試験はタービン入口温度(TIT)を一定にした状態と電気出力を一定に保持した状態とで行った。

4.1 増出力試験

図5はTIT一定条件下で、吸気加湿冷却システムを作動した時の諸量のタイムチャートを示す。噴霧水量は、3回に分けてステップ状に増やした。噴霧量150l/min

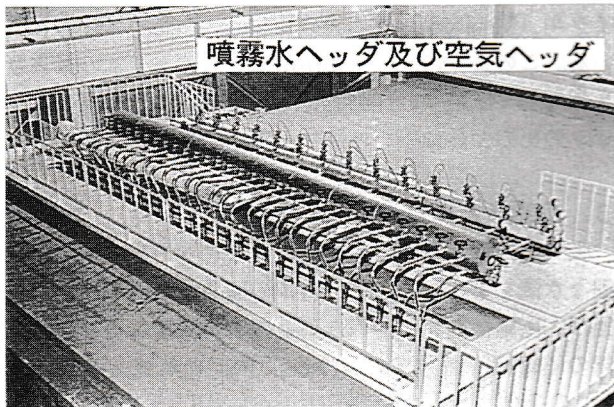


図3 噴霧水ヘッダと空気ヘッダの設置状況

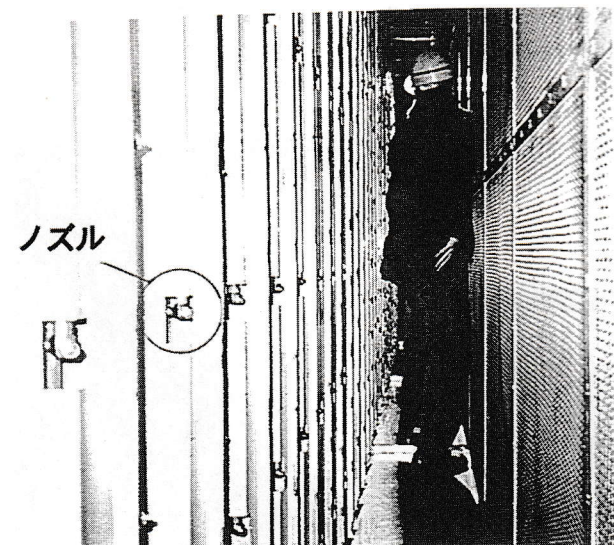


図4 噴霧ノズルラックの設置状況

(空気比0.65%)で、電気出力は94から103 MWに上昇した。これは、率にして10%の増出力になる。この時、圧縮機入口と出口の空気温度はそれぞれ8℃、20℃の低下を示し、タービン排気温度は6℃低下した。

増出力時の熱効率の上昇率は、実験範囲で投入水量にほぼ比例しており、1%の水投入で約3% (相対) 向上することが示された。

4.2 定出力試験

次に、電気出力を一定に保持した運転で噴霧し、燃料流量の変化を測定した。燃料流量は、無負荷定速運転時に1% (0.45%の水噴霧)、95%負荷運転時に0.5% (0.6%の水噴霧) ほどそれぞれ減少した。この事実は、湿り圧縮により圧縮仕事が低減したことを示している。噴霧時の燃料低減率が低負荷ほど大きい理由は、燃料流量は負荷の低下に伴い減少するが、圧縮仕事の低下は負荷に依存しないからと考えられる。このことは、プラントが一定負荷運転状態にある時でも、本システムの運用にメリットがあることを示している。また、噴霧中にNOx値は50 ppmから40 ppmに低下した。

5. 長期運転経験

実証試験は、1997年3月から同年10月までの間に合計33ケース実施したが、試験開始後一度のトラブルもなく再現性良く正常に動作した。

本発電所のガスタービンは、圧縮機翼の汚れに原因して圧縮機の断熱効率が低下する傾向があったが、水噴霧試験を実施した年には、そのような傾向がみられなかった。噴霧試験を断続的に1年半実施した後に圧縮機初段動翼の外観を検査した。エロージョンやコロージョンの痕跡は無く、推積物の量は例年より少なく、汚れの成分にも有意差はなかった。このような結果から、噴霧条件(粒径、水質、均一性)が適正に制御されるならば、吸気加湿冷却システムは、再現性良く動作し長期間の運用にも耐えることを確認した。また、本システムは圧縮機翼面の汚れに起因するプラント熱効率の低下を抑制することが判明した。

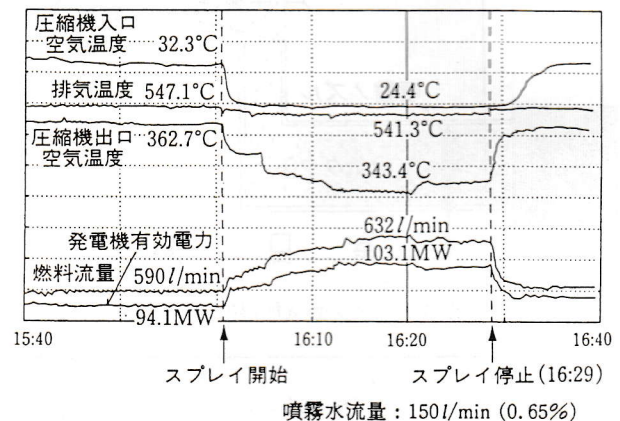


図5 水噴霧中のガスタービン運転パラメータの変化

6. WAC の特長と導入効果のまとめ

(1) 特長

- ・省スペース
- ・既設機への据え付け容易性
- ・気象条件に依存しない出力増加
- ・エネルギー効率大
- ・消費水量少

(2) 導入によるユーザメリット

- ・発電出力の増加
- ・発電効率の向上
- ・ピーク電力需要への即応性
- ・随時性, 高速応答性

- ・負荷率の向上
- ・発電出力一定運転時の燃料節約
- ・NO_x 発生量の低減
- ・圧縮機断熱効率の経時劣化抑制

7. おわりに

ガスタービンの吸気に超微粒の水滴を混入して、出力を向上し効率も改善する新しいサイクル (MAT サイクル) を提唱し、その理論に基づき吸気加湿冷却システム (WAC) を開発した。その有効性を 115 MW 級シンプルサイクル発電所で実証した。本システムは、現在、国内の 3 発電プラントへの適用を予定している。