同期機の冷却方式

同期機の冷却方式 調査専門委員会編

	目	次	
1. まえがき	3	6. 同期機の冷却に関する設計諸元の実態調査, 冷却方式選定の考え方	47
2. 同期機の冷却方式の概要	4	6.1 規格における温度上昇についての規定	47
2.1 タービン発電機冷却方式の概要	4	6.2 冷却のための損失および出力係数に 関する設計諸元の実態調査	49
2.2 水車発電機冷却方式の概要	10	6.3 冷媒流量流速, 出入口温度差, 巻線 温度上昇に関する設計諸元の実態調査	53
2.3 自然界への最終放熱に至る冷却システム	13	6.4 冷媒温度, 巻線温度に関する実機調査	56
3. 同期機冷却方式の適用状況調査	15	6.5 タービン発電機の冷却方式選定の考え方	58
3.1 各冷却方式の容量区分と最大発電機 容量の変遷	15	7. 冷却装置の不具合と運転上・ メンテナンス上の留意点	62
3.2 各冷却方式の IC コードによる分類 および台数調査	18	7.1 冷却装置に関する不具合	62
4. 同期機の冷却のための通風(通水)方式, 構造, 絶縁材料とその進歩	22	7.2 日常運転時の管理項目	64
4.1 固定子, 回転子の通風(通水)構造と その変遷	22	7.3 定期点検時の点検・検査項目	67
4.2 絶縁技術の進歩と冷却	30	8. あとがき	70
4.3 最新の同期機の冷却に関する技術動向	33	付録. 同期機の部品名称	71
5. 温度・通風計算の理論と計算例および 解析技術の現状と動向	34		
5.1 通風計算の基礎理論	34		
5.2 通風計算の例	36		
5.3 熱移動・温度計算手法の理論	40		
5.4 固定子熱移動計算の例	41		
5.5 空気, 水素, 水の冷却能力の比較	43		
5.6 温度・通風解析の現状および今後の動向	45		

同期機の冷却方式 調査専門委員会委員

委員長	高瀬 冬人 (摂南大学)	委員	中村 英之 (東芝)
幹事	木村 誠 (富士電機)		宮武 亮治 (三菱電機)
	島崎 洋生 (関西電力)		村山 博英 (日立製作所)
委員	荒 隆裕 (職業能力開発総合大学校)		須加 泰臣 (東京電力)
	太田 伸也 (明電舎)	途中退任	
	落合 勉 (電源開発)	幹事	松本 孝史 (関西電力)
	北内 義弘 (電力中央研究所)	途中退任	
	久保田 学 (中部電力)	委員	鷺巣 正樹 (東京電力)
	熊野 照久 (明治大学)	主な	狩野 隆志 (職業能力開発総合大学校)
	田村 淳二 (北見工業大学)	参加者	坂本 織江 (電力中央研究所)
			前田 進 (三菱電機)

1. まえがき

本報告は、電力用同期発電機を中心に、同期機の冷却方式に関する技術動向、各種冷却方式の適用範囲、熱・温度・通風解析の実施例、冷却装置の保守に関する問題点などの調査結果をまとめたものである。

同期発電機の内部では、電機子・界磁巻線の銅損、電機子鉄心の鉄損、軸受の機械損等により発熱がある。この熱を常に外に運び出して冷却し、絶縁物など機内の温度を限度以下に保つ必要がある。

電力用発電機のような大形の電気機器を成立させるためには、高度な冷却技術が不可欠である。機器が大形化・大容量化すると表面積に対する内部発熱の割合が大きくなり、また機器が高電圧化すると絶縁物が厚くなり熱流の移動距離が長くなることから、冷却が困難になる。また、軸等の強度的制約のため回転子の大型化に制限があり、大容量化のためには発熱密度を高める設計が求められる。機器の大形化・大容量化・高電圧化に伴って、同期機の冷却は空気冷却から水素冷却、水冷却へと、また間接冷却から直接冷却へと進歩してきた。

最近では、水冷却から水素冷却、水素冷却から空気冷却へと冷却方式の簡素化を求める傾向も見られ、また通風など冷却最適化の解析例、高熱伝導絶縁の採用等の材料・製造法の改善も報告されている。

同期機の冷却に関する調査としては、電気学会技術報告第 495 号で水車発電機に限定した調査があった⁽¹⁾。しかし、その他ではあまり纏まった資料がない。

そこで、同期機の冷却方式調査専門委員会が設置され、2008 年（平成 20 年）9 月から 2010 年（平成 22 年）8 月まで 20 回の委員会を開催して、調査活動を行った。調査内容としては、5MVA 以上の国内で製造された同期発電機を対象として、文献資料の収集ならびに、冷却方式の適用状況、冷却設計の諸元、冷却装置に関する保守点検、運転時の冷媒温度などのアンケート調査を行なった。

以下、第 2 章ではタービン発電機、水車発電機の冷却方式と発電所内の冷却システムの概要を述べる。

第 3 章では、製造者へのアンケート調査に基づき、各種冷却方式の容量区分ごとの適用状況、IC コードで分類した製造台数の調査結果を述べる。

第 4 章では、冷却のための通風・通水構造、絶縁物について説明し、同期機冷却に関する技術動向について述べる。

第 5 章では、通風・熱・温度に関する計算法の理論と解析例を紹介する。

第 6 章では、同期機の冷却に関する設計諸元の実態を調査した結果をまとめ、冷却方式選定の考え方を紹介する。

第 7 章では、使用者へのアンケート調査に基づき、冷却方式の不具合、運転上やメンテナンス上の留意点について述べる。

付録に、部品名称の対応表を示す。部品の名称は電機メーカによって異なっていることがあり、本報告書内で統一できていない。冷却に関連する、同一あるいは類似した部品に対して同義語の対応を付録に示す。

参考文献

- (1) 水力発電機器の設計技術調査専門委員会：「水力発電機器の設計技術に関する調査報告」、電気学会技術報告 495 号（1994）