



Title	超電導マグネットにおける熱的問題と冷却に関する研究
Author(s)	大内, 徳人
Citation	大阪大学, 1988, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2377
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	大内徳人
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 8184 号
学位授与の日付	昭和 63 年 3 月 25 日
学位授与の要件	工学研究科電気工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	超電導マグネットにおける熱的問題と冷却に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 藤井 克彦 教授 鈴木 育 教授 平木 昭夫 教授 白藤 純嗣 教授 山中 龍彦 教授 加藤 義章 教授 黒田 英三

論文内容の要旨

本論文は、超電導マグネットにおける熱的問題と冷却に関する研究の成果をまとめたものである。

第 1 章の緒論では、超電導マグネットを浸漬冷却方式と強制冷却方式に大別することにより、各超電導マグネットの持つ熱的問題点を明らかにし本研究の意義を述べている。

第 2 章では、大阪大学超電導工学試験センターの 0.5M J 浸漬冷却超電導マグネットの低温ヘリウムガスによる予冷の熱特性について述べている。予冷時に発生するコイル内部の温度分布と、低温ヘリウムガスの冷却時のエンタルピー効率を実験的に求めている。これを裏づけるため熱抵抗法によりマグネット内の熱伝導率をモデル化し、有限要素法を用いた数値計算によって解析し、実験と一致した結果を得ている。

第 3 章では、浸漬冷却超電導マグネット運転時の熱負荷について述べている。先ず、液体ヘリウム貯液時のクライオスタット内部の温度分布より、室温領域から侵入してくる定常的な熱負荷を明らかにしている。さらに、0.5M J パルスマグネットを定格運転（励磁・減磁速度：5 T/S）した場合の交流損失を数値解析し、液体ヘリウムの蒸発量より算出した値と比較を行っている。これらの結果は、一致した値となり、浸漬冷却方式の超電導マグネットの熱設計における指針を得ている。

第 4 章では、超臨界ヘリウム強制冷却コイルの安定性解析（第 5 章・第 6 章）に用いた実験装置について一括して述べている。

第 5 章では、短尺の強制冷却導体内部での加熱時に発生する超臨界ヘリウムの流れの変化に着目し、強制冷却超電導導体の安定性に与える影響について検討している。その結果加熱直後に現れる超臨界ヘリウムの流量の減少が超電導導体の安定性マージンを劣化させることを明らかにしている。

第6章では、実規模長の強制冷却コイルが導体の長い区間にわたり熱負荷を受けた場合の超電導安定性について述べ、強制冷却コイルの安定運転領域を提示している。先ず、常電導転移場所が加熱密度と超臨界ヘリウムの初期流量に依存する事を示し、コイル内の磁束流動開始温度の分布から、超電導破壊エネルギーがほぼ超臨界ヘリウムの熱容量によって決定されることを述べている。さらに0.5M Jパルスマグネットにより強制冷却コイルに変動磁場を与え、実際に強制冷却導体内部に交流損失を発生させ、ヒーター加熱試験で得られた結果の検証を行っている。

第7章の結論で本論文の研究成果を総括している。

論文の審査結果の要旨

超電導線材の特性から超電導マグネットの動作温度は液体ヘリウムの飽和蒸気圧温度（4.2K）近辺に限られる。このため、超電導マグネットを動作させるための効率の良い冷却システムを設計・製作することは超電導工学において重要な課題になっている。本論文では、超電導マグネットのなかでも特に熱的条件の厳しいパルスマグネットを研究対象として、マグネットの予冷状態及び熱負荷の解析を実験と計算機シミュレーションによって行っている。さらに、今後有望とされている強制冷却方式についても実験を中心に解析し、パルスマグネットに応用するために超電導の熱的安定性の条件式を提示している。その結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 熱抵抗法を用いて予冷の動特性のシミュレーションを行うことによって、マグネット内部の実効的な熱伝導率が複合構造のマグネットの各構成要素の熱伝導率の関数として与えられることを示している。
- (2) 超電導マグネット運転時の交流損失を実験と理論的解析から求め、これらが良く一致することを示している。この結果、本論文に示されている解析方法を用いて交流損失を理論的に予測することを可能にしている。
- (3) 強制冷却マグネットの基本的特性として、交流損失のように導体全体が加熱された場合をとり上げ、加熱直後に発生する流れの不安定性のために超電導マグネットの安定性マージンが著しく劣化することを明らかにしている。
- (4) 実規模クラスの導体長を持つ強制冷却コイルを用いた実験的解析によって、強制冷却コイルの熱的安全運転のために必要な条件を方程式として示している。また、この条件式が強制冷却方式のパルスマグネットに対しても十分に対応できるものであることを、阪大0.5M Jパルスマグネットによる誘導加熱試験により明らかにしている。
- (5) 以上のように、超電導パルスマグネットの予冷から運転時にいたる熱的問題を明らかにし、大型超電導マグネットの冷却システムを設計する場合の重要な指針を与えていている。また強制冷却方式の超電導マグネットの安定性について検討した結果、強制冷却方式が充分にパルスマグネットに応用可能であることを明らかにしている。

したがって本論文は超電導マグネットに新しい設計指針を与えるものであり、超電導工学に寄与する

ところが大である。よって博士論文として価値あるものと認める。