

氏 名 RUWALI KAILASH

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大 1280 号

学位授与の日付 平成 21 年 9 月 30 日

学位授与の要件 高エネルギー加速器科学研究科 加速器科学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Experimental study of superconducting wire motion on
the base insulating material in magnetic field

論文審査委員 主 査 教授 土屋 清澄
教授 荻津 透
教授 光延 信二
准教授 大内 徳人
チームリーダー 前田 秀明
(理化学研究所)
教授 細山 謙二

論文内容の要旨

One of the most prominent applications of superconductivity is high field magnet. Mechanical disturbance such as abrupt conductor motion is one of the main origins of premature quench (transition from superconducting state to the normal resistive state) in high current density superconducting coils. The wire motion occurs when electromagnetic force to conductor exceeds frictional force on the surface of conductor. Superconducting wire motion depends on the electromagnetic force acting on it, frictional property of the insulating material and tension applied to superconducting wire.

An experimental setup was designed and fabricated to study superconducting wire motion under the influence of electromagnetic force. The main distinctiveness of the experimental setup is that the tension of the superconducting wire can be changed during the experiments. Experiments were conducted at 4.2 K by varying the experimental conditions such as the tension to the superconducting wire and different insulating materials at the interface of the superconducting wire and semi-circular head.

In the thesis work, different types of insulating material were used to study superconducting wire motion under electromagnetic force. They are Polyimide film, cloth/sheet material fabricated using Dyneema fiber, Zylon fiber and Teflon sheet. The Dyneema fiber / Zylon fiber has negative thermal expansion and a low coefficient of friction.

Voltage taps to measure the signal due to the superconducting wire motion are connected at the end of the semi-circular head. To reduce the voltage tap loop area, a groove was incorporated in the semi-circular head and the voltage tap wire was passed through it. The voltage tap signal is measured by a pen recorder or a 16-bit data recorder with a sampling rate of 1 MS/s. Sudden wire motion was indicated by observing the voltage spikes. In order to examine the effect of the current ramp rate on the superconducting wire motion, ramp rate was changed from 0.84 A/s to 1.69 A/s. The superconducting wire tension was varied from 7.1 N to 35.8 N to study the effect of tension on the superconducting wire motion. During all experiments, a constant magnetic field of 6 T was applied by superconducting solenoid magnet.

An experimental setup to study the wire motion under the influence of electromagnetic force has been developed and we have verified the effectiveness of this system. We could measure the pattern of voltage spikes. The time duration of voltage spikes are of the same order for all samples.

The peak voltage tap signal amplitude, velocity of wire motion, distance moved by wire and energy dissipated due to wire motion in case of Polyimide film is more than 2 order of magnitude larger than Dyneema based insulating materials and Zylon cloth. Hence use of Dyneema/Zylon based materials as an interface material between layers of superconducting wire may reduce the frictional heat generated due to wire motion and could make magnet performance more reliable.

博士論文の審査結果の要旨

超伝導磁石には、クエンチやトレーニングと言う特有の現象がある。前者は、励磁電流を上げた場合に、突然、超伝導状態が壊れて常伝導状態に転移することであり、後者は、励磁を繰り返すことにより、クエンチを生ずる電流値が次第に上昇する現象である。これらの現象を引き起こす原因の一つとしてローレンツ力による線材の微小な動き(μm オーダーの動き)およびそれに付随する発熱が考えられているが、それらはコイル内部で生ずる複雑な現象であり、詳細な研究はあまり行われていない。また、近年、負の熱収縮率をもつ絶縁材(ダイニーマ)を用いた超伝導ソレノイドでは非常にトレーニングが少ないという報告があり、注目を引いているが、その原因が真に負の熱収縮率によるものかは疑問の持たれるところである。本研究は、超伝導コイル内で起きる線材の動きの観点から、ダイニーマと従来一般に使われてきた絶縁材の特性を比較し、トレーニング特性の差を理解しようとするものである。そのため、コイル内部で起きる線材の動きを模擬できる単純化した(線材の動きに影響を与えるパラメータが可変な)実験装置を考案、製作し、線材の動きの観察やトレーニング現象の再現に成功している。また、この装置を用いて、線材の動きがそれに働くローレンツ力の大きさや通電速度などのパラメータによりどのように変化するかを調べ、線材の動きの特性を明らかにするとともに、超伝導磁石のクエンチ、トレーニング特性の理解に有益な情報を提供している。さらに、この装置を用いて、超伝導線材と接する絶縁材の種類と線材の動き(大きさや頻度)の関係を調べ、近年開発された絶縁材(ダイニーマ等)と従来のポリイミド樹脂との相違点を明らかにしている。

本研究で得られた結果は、今後の超伝導磁石開発で使用する絶縁材料の選択に有益な情報を提供するものである。

本論文は博士(工学)で審査請求が出されているが、審査の結果、博士(理学)の学位が妥当との結論に至った。