

読者の広場

Q&A

Q：「高温超電導線材を回転機に使う場合、線材にはどのような特性が重要となるでしょう？」

A：超電導を回転機などの電気機器に応用することの大きなメリットは、電流密度が通常の銅線に比べて2桁以上大きくなることです。よって、銅線では考えられないような高磁界を大空間に発生させることができますので、超電導を回転機に適用すれば、高効率化・コンパクト化・軽量化を同時に実現できます。この特性を活かすためには、超電導線の特性を十分考慮した機器設計を行うことが必要です。

さて、高温超電導線材を回転機に適用する場合、線材のどのような特性が重要になるか？ということについて述べます。回転機は、直流機・同期機・誘導機に大別できます。ここでは、同機器に高温超電導を適用することを例にとって、話を進めます。同期機の巻線は、基本的に直流通電する界磁巻線と三相交流を輸送する電機子巻線で構成されています。高温超電導を適用する場合、界磁巻線のみを超電導化するものと界磁・電機子両巻線を超電導化するものが考えられます。現在、研究開発が進んでいる高温超電導回転機は界磁巻線のみを超電導化したものがほとんどです。界磁巻線を超電導化する場合、上述の超電導の特徴を活かすべく、高磁界化する設計が必要になります。回転機内の発電やトルク発生に寄与する領域の磁界を例えば3 T程度にするためには、超電導界磁巻線内部の超電導線材が受ける磁界はその数倍の7~10 T程度になります。よって、超電導線材に求められる性能として第一に重要な特性は、高磁界下で高い臨界電流性能を有することです。更に、超電導線材は高磁界下で大電流を輸送するので、強大な電磁力に曝されます。超電導線材には高応力下でも臨界電流が低下せず、機械的損傷も受けないということが要求されます。同期速度で運転している同期機では、界磁巻線が発生する磁界と三相電機子巻線が作る回転磁界は同期しているので、基本的に界磁巻線内の超電導線材には交流磁界は印加されません。しかしながら、三相電機子巻線が作る回転磁界にも微小な高調波成分が含まれ、この高調波成分は同期速度とは異なる速度で回転する回転磁界となるので、同期速度で回転している界磁巻線には等価的に交流磁界となります（電機子巻線の設計の仕方によって、高調波成分の大きさは変化します）。また、界磁巻線の励磁電流を変化させて発生トルク等を制御するいわゆる励磁制御を行う場合、界磁巻線は時間的に変動する磁界に曝されます。これら変動磁界は超電導線材に交流損失を発生させます。以前の記事（超電導 Web21 2006年4月号のQ&A (http://www.istec.or.jp/Web21/PDF/Past-pdf/J-pdf/06_04_all.pdf))に書かれているように、交流損失は冷却系の容量や回転機の効率に直接影響を及ぼすので、交流損失の低減は（主として直流運転される回転機の界磁巻線の超電導化においても）重要な課題です。現在の回転機の理論や設計手法は、銅線と鉄心を用いることを前提として構築されています。超電導回転機を設計するにあたっては、回転機での電磁気環境下での超電導線材の種々の特性を考慮して設計を行うことが肝要です。

回答者：新潟大学大学院 自然科学研究科 電気情報工学専攻 准教授 福井 聡 様

[超電導 Web21 トップページ](#)