

13 “열전달과 줄(Joule)열에 의한 발열량 계산으로 초전도코일의 상변화 온도예측 시뮬레이션”

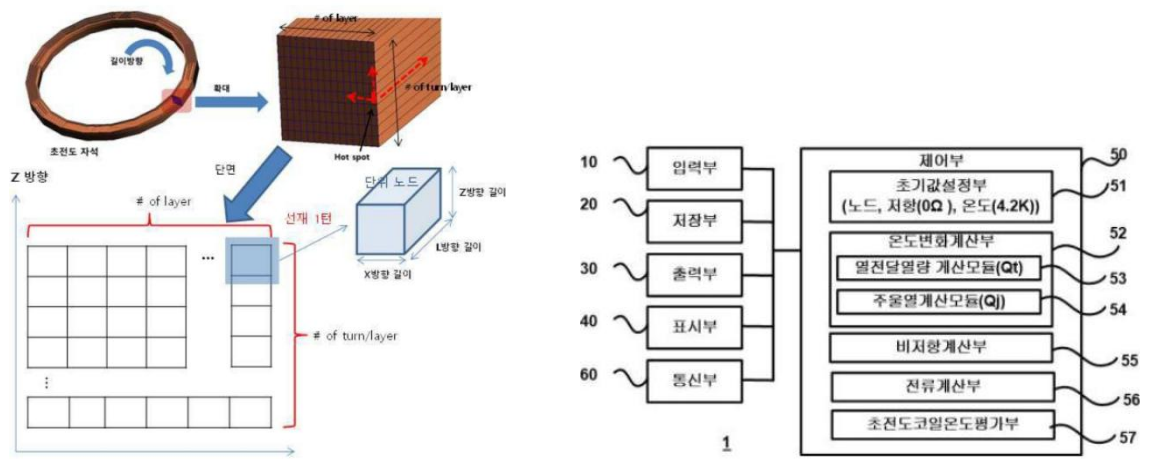
제안기술의 혁신성

“초전도 코일 보호시스템”

- 퀘치는 초전도 코일의 열적 안정성을 저해하는 요소로서, 가속기 및 NMR 같은 대용량 초전도 시스템에서는 온도 상승을 억제하기 위한 보호 시스템이 필수적이므로 제안기술인 온도예측 시뮬레이션 방법 및 장치로 냉각방법을 통해 초전도 코일이 파손되는 것을 방지 할 수 있음

“열전달과 줄열에 의한 발열량 계산”

- 초전도코일의 형상적 특성을 반영할 수 있도록 초전도 코일을 다수의 임의의 노드로 가상 분할하여 노드 사이에서의 열전달과 줄열에 의한 발열량을 계산 함
- 각 노드의 온도 분포를 산출하고, 산출된 노드의 온도분포를 이용하여 저항을 산출함으로써 재료적 특성을 반영하는 것에 의해 퀘치 시 초전도 코일의 온도를 정확하게 예측 함



〈그림〉 노드설정 (좌) & 온도예측 시뮬레이션 장치의 기능 블록도 구성 (우)

13 “열전달과 줄(Joule)열에 의한 발열량 계산으로 초전도코일의 상변화 온도예측 시뮬레이션”

제안기술의 유용성

- 현재까지 국내 초전도 시장은 정부 주도의 연구 개발 사업에 의해 수요가 대부분을 차지하고 있으나 향후에는 정부 연구개발 사업에 참여하여 초전도 관련 기술을 확보한 대기업 주도의 상용화 제품 개발이 활발하게 이루어질 것으로 예상됨
- 차세대 초전도 응용 기술 개발 사업단의 분석에 따르면 초전도 전력기기 분야의 국내시장은 2020년 2,500억 원, 2030년 5조 원 수준일 것으로 예상됨
- 초전도 코일은 고 자기장 하에서 높은 임계 전류 밀도 특성을 요구하는 응용분야에 활용될 수 있음

생명의약분야	MR,NMR,자기측정용 마그넷
에너지환경분야	핵융합 토카막용 마그넷
기초과학분야	가속기, 임계전류 측정용 분석장치, 연구용 자석
기초물리분야	암흑물질연구, 자장생성 및 차폐, 소재 물성 연구

제안기술의 차별성

“노드설정”

- 초전도코일의 단면적, 길이, 권선수가 정보가 입력되면, 권선된 초전도코일의 길이 방향(L방향)에 대하여 열이 전파되는 속도를 V_l , 노드해석 주기를 $dt(at$ 또는 $\Delta t)$ 라 할 때, $V_l * dt$ 보다 같거나 크도록 각각의 초전도코일을 가상적으로 분할하여 노드(단위노드)들을 설정 함
- 초전도 코일의 형상을 유한개의 노드로 분할하고 x, y, z 방향으로의 열전달을 고려함으로써 퀀치 발생 시 초전도 코일의 국부적인 온도상승에 대한 예측이 가능함

“시뮬레이션 장치 블록 구성도”

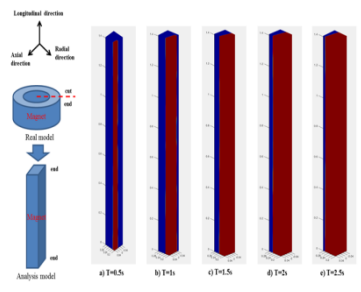
- 초기값설정부 각 노드별 초기 저항과 초기 온도를 설정, 임의의 한 노드를 퀀치 발생 노드로 설정
- 온도변화계산부 퀀치발생 노드의 인접된 노드로 일정 시간 간격 동안의 열전달열량과 저항 발생에 의한 줄열을 이용, 모든 노드의 온도변화를 계산
- 저항계산부 각 노드의 온도에 대한 구리 비저항 도출, 전체 합산한 초전도코일의 저항값 도출
- 전류계산부 양단 전압값 입력 후 각 노드의 온도에 따른 구리 인덕턴스와 비저항을 이용, 시간 간격에서의 전류를 예측한 후 온도변화 계산부로 출력
- 초전도코일온도평가부 초전도 코일의 최대온도 산출, 기 설정된 온도 값과 비교, 보호 조치 여부를 판단
- 노드설정 $V_l * dt$ 보다 같거나 크도록 설정 (V_l : 열전파 속도, dt : 노드해석 주기)

14 요약

I. 제안기술 개요

기술의 내용	기술의 동향	제품화 및 시장전망
--------	--------	------------

- 초전도 코일의 퀘치 발생 지점으로부터 열전달을 이용하여 전체 초전도코일의 온도분포를 도출하고 온도를 예측할 수 있는 기술
- 고자기 발생을 위한 초전도코일의 온도 예측은 초전도 코일 설계에 필수적이며 온도상승을 억제하기 위한 보호시스템임



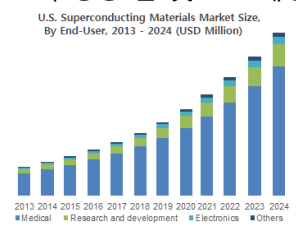
[국내]

- 의료분야에서는 NMR/ MRI 마그넷에 적용, 정밀한 의료분석 / 수송 분야에서는 자기부상추진시스템, 전기구동 시스템/ 에너지 분야에서는 에너지 저장, 핵융합/전력 분야에서는 fault current limiter, transformer, motor 등에서 응용 가능함

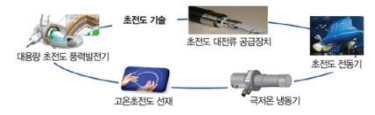
[해외]

- 세계적으로 초전도 현상을 이용하는 다양한 응용들이 활발하게 개발되고 있으며 의료, 수송, 전자, 전력, 에너지, 고에너지물리, 기계 분야 등에서 혁신적인 변화를 일으키고 있음

- 해외(미국)의 초전도 재료 시장 규모는 2016년 6억 5천만 달러를 상회하며 예상 시간 대비 17%의 성장 할 것으로 예상됨



- 국내 초전도 전력기기 분야 국내 시장은 2020년 5,500억 원으로 예상됨



상용화단계	일반	<input type="checkbox"/> 아이디어	<input type="checkbox"/> 연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발	<input type="checkbox"/> 개발완료 (시제품)	<input type="checkbox"/> 제품화
핵심키워드	한글	초전도	코일	초전도선재	퀘치	온도예측
	영문	superconductivity	coil	superconducting wire	quench	predicting temperature

II. 기술개발자 정보

기관명	한국기초과학지원연구원	부서	스핀공학물리연구팀
성명	최연석	직급	책임연구원
전화	042-865-3913	이메일	ychoi@kbsi.re.kr

III. 특허정보

특허현황	사업화 대상 기술 관련특허 등록 1건, 총 1건				
구분	상태	등록일자	등록번호	발명의 명칭	
대상기술	등록	2017.08.08.	KR10-1768211	초전도코일 상변화 시 온도예측 시뮬레이션 장치 및 그 방법	

15 관련 지식재산권

I. 서지사항

- 한국등록특허 10-1768211 B1 (2017.08.08)
- 존속기간(예상)만료일 2036.11.01
- 출원 히스토리



- 청구항구성 독립항 2항, 종속항 7항
- 대표청구항

초전도코일을 단위노드들로 분할하는 노드설정을 수행한 후 각 노드별 초기 저항과 초기 온도를 설정하고 임의의 한 노드를 권치 발생 노드로 설정하는 초기값설정부;

상기 권치발생 노드로부터 인접된 노드들로의 일정 시간 간격 동안의 열전달열량과 저항 발생에 의한 줄열을 이용하여 모든 노드에서의 온도변화를 계산하는 온도변화계산부;

상기 각 노드의 온도에 대한 구리의 비저항을 도출한 후 전체 합산하여 전체 초전도코일의 저항값을 도출하는 저항계산부;

상기 초전도코일의 양단 전압값을 입력 받은 후 각 노드의 온도에 따른 구리의 인덕턴스와 비저항을 이용하여 다음 시간 간격에서의 전류를 예측한 후 상기 온도변화계산부로 출력하는 전류계산부; 및

상기 초전도 코일의 최대 온도를 산출한 후, 기 설정된 온도 값과 비교하여 보호 조치 여부를 판단하는 초전도코일온도평가부;를 포함하고,

상기 노드설정은,

권선된 초전도코일의 길이 방향(L방향)에 대하여 열이 전파되는 속도를 V_l , 노드해석 주기를 dt (또는 Δt)라 할 때, $V_l * dt$ 보다 같거나 크도록 설정되는 초전도코일 상변화시 온도예측 시뮬레이션 장치.

II. 권리구성의 범위

- 제안기술은 독립항 2항, 종속항 7항으로 구성되어 있음
- 초전도코일 온도예측 시뮬레이션 장치의 기능 블록도(초기값설정부, 온도변화계산부, 저항/전류 계산부, 온도평가부, 노드설정)에 의해 노드 사이에서의 열전달과 줄열에 의한 발열량을 계산하는 핵심내용을 청구항에서 주장하였음

III. 권리의 적절성

- 초전도 코일 온도 예측에 관한 선행기술이 존재하나, 권리의 무효화 가능성이 낮음
- 제안기술의 소유권은 한국기초과학지원연구원이 100% 보유함으로써, 기술이전과 실시권 허여 가능
- 제안기술은 초전도 코일의 상변화에 따른 온도예측 시뮬레이션에 관한 것으로 권치 발생을 예측하는 방법 및 장치에 관한 기술을 명확하고 구체적으로 적절하게 권리를 구성하고 있음

IV. 권리의 안정성

- 제안기술은 등록특허로서, 한국에서 등록유지 중이며 개별국으로 진입하기 위해 국제(PCT)출원하였음
- 2016년에 출원되어 권리존속기간은 17년 이상 남아있음
- 사업화시 제품 응용에 요구되는 특허는 추가적으로 확보 필요하다면 개별적인 특허 조사가 필요하며, 향후 권리 무효화 가능성이 낮은 것으로 판단되며 그 권리의 안정성은 높음

16 시장성

I. 국내외 동향

- 의료분야에서는 NMR/MRI 마그넷에 적용, 정밀한 의료분석 / 수송 분야에서는 자기부상추진시스템, 전기구동 시스템 / 에너지 분야에서는 에너지 저장, 핵융합 / 전력 분야에서는 fault current limiter, transformer, motor 등에서 응용 가능함
- 세계적으로 초전도 현상을 이용하는 다양한 응용들이 활발하게 개발되고 있으며 의료, 수송, 전자, 전력, 에너지, 고에너지물리, 기계 분야 등에서 혁신적인 변화를 일으키고 있음



II. 시장동향

- 해외(미국)의 초전도 재료 시장 규모는 2016년 6억 5천만 달러를 상회하며 예상 시간 대비 17%의 성장할 것으로 예상 됨

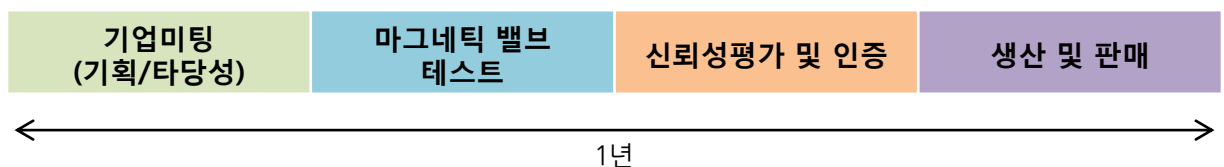


<미국 초전도 재료 시장규모 및 전망>

17 사업화 가능성

I. 사업화 기간 및 비용 적절성

- 본 제안기술로 사업화를 이루기 위해 실제 적용 및 구현에 따라 달라질 수 있겠으나 보통 총 1년으로 사업화가 가능할 것으로 예상됨



<그림> 사업화 추진 계획도

- 사업 추진 기간 동안 활용할 인력, 재료비, 설비비용, 분석료 등 약 1억 원의 소요 비용이 적절함