

자기의 양자배열과 마이스너 효과의 유사성으로 모터 효율성 증대 및 대체에너지 활용 방안에 관한 연구

A Study on Increasing Motor Efficiency and Utilize Alternative Energy through the Similarity of Magnetic Quantum Arrangement and Meissner Effect

최시웅¹, 최주영², 최규태^{3*}

Si-Woong Choi¹, Joo-Yeong Choi², Gyu-Tae Choi^{3*}

〈Abstract〉

This study is based on research on a magnetic induction amplification power generation system using quantum fluctuations, and aims to confirm the similarity to the meissner effect through quantum analysis using magnets and suggest the possibility of utilizing alternative energy. Research was conducted on increasing the efficiency of motors based on the similarity between magnetic quantum array experimental devices and the superconductor phenomenon. It was confirmed that the experimental device that arranged the quantum of magnetism rotated by canceling out the magnetism by having a resistance value of “0”, which is not a general characteristic of magnetism that generates attractive force. This is an observation of the similarity between the superconductor phenomenon and the meissner effect, and it was confirmed that material synthesis or temperature had little effect. This study confirmed that the efficiency is more than 20 times that of existing power on average. Therefore, this study suggests that there is a possibility of commercialization of an Energy Harvesting System (EHS) that can produce and store energy.

Keywords : Meissner Effect, Quantum Array Experimental Devices, Superconductor Phenomenon, Energy Harvesting System (EHS)

1 유토피아프로젝트 책임교수 / 주식회사 안나쵸이스
E-mail: bomool1225@naver.com

1 Professor, Utopia Project Team/ Annachois Co., Ltd.

2 유토피아프로젝트 수석연구원 / 대한항공
E-mail: jooychoi@koreanair.com

2 Senior Researcher, Utopia Project Team/ Korean Air

3* 교신저자, 유토피아프로젝트 경영관리책임 / 경남대학교
E-mail: woomok108@naver.com

3* Corresponding Author, Chief of Operating Officer, Utopia Project Team/ Kyungnam University
E-mail: woomok108@naver.com

1. 서론

전 세계적으로 기후변화 및 자원고갈에 따른 전기에너지 부족으로 대체에너지의 개발에 대한 산업적 관심이 고조되고 있다. 또한 화석 연료 중심의 산업구조는 환경문제 및 에너지안보의 위협으로 새로운 패러다임의 에너지가 필요하게 되었고[1], 풍력발전, 태양열발전, 해양에너지 및 수소에너지 등 신재생에너지 분야에 연구 및 투자가 광범위하게 이루어지고 있다. 그러나 재생에너지의 경우 지구온난화를 촉진시키는 화석연료와 달리 친환경적 자원이지만, 초기비용이 많이 발생하고, 에너지를 확보하기 위해서는 자연환경의 영향을 많이 받으며, 설비를 설치하기 위해 넓은 공간이 필요할 뿐만 아니라 생태계에 영향을 미치는 문제가 동시에 존재한다[2], [3]. 에너지 자원은 효율적으로 이용되어야 하지만, 현대사회의 산업 및 경제의 기반이 되는 전기에너지는 일반적으로 발전소에서 만들어져 각 개인의 가정까지 들어가는 과정에서 손실이 발생할 수밖에 없는 물리적 한계가 있다. 이에 온도를 낮추게 되면 저항이 “0”이 되는 물질을 발견하게 되었고, 전기저항이 사라지는 이 현상을 초전도 현상이라 하며, 초전도 현상을 일으키는 물질을 초전도체라고 한다[4].

초전도체는 전기저항이 거의 없는 상태로 전류가 흐르는 특성으로 저온 조건에서 가장 효과적인 물질이다. 이는 현대 과학기술 분야에서 혁신적인 재료로 산업 각 분야에 적용이 가능하다. 초전도 현상은 특정 온도로 물질을 냉각하면 전기저항이 급격하게 감소하는 현상이다. 초기 초전도체는 단순히 저항이 없는 물체로 인식하였으나, 1933년 독일의 물리학자 마이스너(Fritz Walther Meissner)와 옥센펠드(Robert Ochsenfeld)에 의해 초전도체가 내부에 자기장이 침투하지 못하게 하는 완전 반자성체임을 발견하게 되었으며, 초전도 현상은

단순히 저항이 없어지는 것이 아닌 초전도체 내에서 자기장을 몰아낸다는 것을 밝혀냈다. 그 결과 초전도체 내부의 전기장은 물론 자기장까지 모두 사라지는 효과를 바로 마이스너 효과 (Meissner effect)라 한다[5].

최근 초전도체와 초전도 현상에 대한 원인을 분석하기 위한 연구가 활발하다[6], [7], [8]. 초기 연구로 전기의 발생은 자유전자의 작용에 따르는 것으로 도체라고도 하며, 전기모터의 시초는 1822년 자기로부터 전류를 만들고자 하는 실험을 마이클 패러데이(Michael Faraday)에 의해 시도되었다[9]. 초기에 만들어진 모터는 수은으로 채워진 유리용기를 배터리에 연결하여 전선을 통해 전기를 보내 주변에 자기장을 생성하였다. 또한 발전기의 설계는 전자, 기계 등의 다양한 측면을 내포하고 있는 복잡한 과정으로 이루어져 있다. 고온 초전도 물질의 레이아웃과 초전도체를 이용한 최신 전력소자 설계의 최신 상태 등 초전도성에 대한 연구가 이루어졌다[10]. 양자요동에 의한 자기유도증폭 발전시스템에 관한 연구에서는 전기를 생산하는 기존 동력발전기 회전부의 회전 운동 시 나타나는 저항으로 인해 과방전, 과열, 과부하 현상을 양자요동을 이용하여 해결하고, 저 전력으로 회전자의 회전운동이 가능한 양자발전시스템을 개발하였다[11].

본 연구에서는 양자요동에 의한 자기유도증폭 발전시스템에 관한 연구를 기본으로 하였으며, 자석으로 양자적 해석을 통해 마이스너 효과와 유사성을 확인하고 대체에너지 활용 가능성을 제시하고자 한다. 우선 자석으로 자기장의 관계와 중첩 현상을 해석하였다. 회전자의 영구자석 배치를 수학적 각도 계산으로 N/S극이 동시에 중첩된 상태인 양자배열화가 이루어지면, 물질이 초전도 상태로 전이되면서 물질의 내부에 침투해 있던 자기장이 외부로 밀려나는 현상 및 물질 내부에 자기

장이 침투할 수 없는 현상인 마이스너 효과와 유사함을 확인하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 초전도체

초전도 현상에 대한 발견은 1908년 카멜링 온네스 (Heike Kamerlingh Onnes)가 초저온에서 금속의 저항에 관한 연구로 끓는점이 절대온도 4.2 K인 헬륨의 액상화에 최초로 성공하였으며, 1911년에는 수은(Hg)의 저항이 액체 헬륨 온도인 4.2 K에서 사라짐을 관측한 것이 초전도 역사의 출발점이라 할 수 있다. 이어 1957년 영국의 물리학자 존 바텐 줄리와 독일의 물리학자 마이클 캔드렐라스는 납과 비스무트의 합금을 연구하던 중, 초저온의 특정 온도에서 합금이 전기저항이 없는 상태로 전류를 흘렸을 때, 제로로 수렴하는 것을 관찰하였다. 이는 초전도체는 직류 전류에 대한 저항이 없는 완전도체로, 외부에서 자기장을 걸어 주면 내부의 자속밀도가 “0”이 되는 완전 반자성체를 뜻하기도 한다. 그리고 1986년에는 스위스의 물리학자들 요하네스 게오르크 베드노르츠(J. Georg Bednorz)와 카를 알렉산더 뮐러(K. Alex Muller)가 특정 산화물 계의 금속과 산화물을 연구하는 과정에서 고온 초전도체를 발견하게 되어 초전도체 연구에 대한 발전 속도를 높이는 계기가 되었다. 초전도 현상의 근원으로는 초전도체 내의 자유전자들이 두 개씩 쌍으로 이루고 있으며, 이 전자쌍을 쿠퍼쌍이라 한다. 초전도체를 이루고 있는 격자 이온들의 진동이 전자의 움직임과 공명으로 인해 쿠퍼쌍을 이루게 되고, 이들의 이동에 대해 방해와 저항 없이 움직일 수 있게 한다[12].

2.2 마이스너 효과

마이스너 효과는 금속물질 등의 외부에서 가해진 자기장을 상쇄시키기 위해 차폐전류가 초전도체에 흘러서 외부에 있는 자석과 반대 극을 만드는 현상을 말한다. 즉 마이스너 효과는 물질이 초전도 상태로 전이되면서 물질의 내부에 침투해 있던 자기장이 외부로 밀려나는 현상으로 초전도 상태에서는 물질 내부에 자기장이 침투할 수 없다. 이것은 초전도체가 갖는 완전 반자성과 관련이 있으며, 초전도체를 구분 짓는 특징 중의 하나이다. 마이스너 효과의 주요 특징으로는 전기저항이 “0”인 물질에 자기장을 걸어주면 렌츠의 법칙에 따라 차폐 전류가 유도된다. 이 차폐 전류는 물질 표면에 흐르게 되고, 자기장과 크기는 같지만 반대 방향의 유도 자기장을 만들어내 물질 내부에는 본래 가지고 있던 자기장 외에 걸어준 자기장이 침투하지 못하게 된다. 초전도체 역시 전기저항이 “0”인 물질 내부를 침투하는 자속은 외부에서 어떠한 자기장을 걸어주더라도 그 값이 보존되므로 이 현상을 만족한다. 물질이 초전도 상태로 전이될 때 외부에서 임계 자기장보다 작은 어떠한 자기장을 걸어주더라도 초전도체는 그것들을 모두 밀어내어 침투하는 자속이 없는 상태가 되는 것이다. 단순히 전기저항이 “0”인 상태와 마이스너 효과를 띠는 초전도체와의 차이이다. 또한 초전도체는 외부 자기장에 의해 자체 자기장을 생성하고, 이러한 특성을 이용하여 전류를 안정적으로 유도하거나 저장할 수 있는 특징이 있다.

2.3 자기장

산업의 발전과 기술의 고도화에 따라 영구자석 또는 전자석의 자기장을 이용하는 분야가 증가하고 있다[13]. 자기장(Magnetic field)은 자석이나

전류에 의해 자기력이 작용하는 공간, 자기력을 매개하는 벡터장으로 1269년 프랑스의 학자 페트루스 페레그리누스 (Petrus Peregrinus de Maricourt) 가 철 바늘을 이용하여 구 모양의 자석 표면에 자기장이 배치되면서 시작되었다[14].

이에 자기장을 가장 시각적으로 잘 표현한 것이 자석이다. 막대자석에서 자기력이 N극에서 S극으로 들어가는 방향의 연속선을 자기력선이라 한다. 자기장의 세기는 자기력선의 밀도로 나타내며, 자기력선이 촘촘한 곳은 상대적으로 자기장이 강한 것이며, 그렇지 못한 구간은 상대적으로 약한 자기장을 갖는 것이다[15].

자기장의 수학적 기호로는 크기와 방향을 갖는 벡터 B , 자기장의 단위는 테슬라(tesla, 기호 T)로 나타낸다. 또한 자기장 안에서 속도 V 로 움직이는 전하 q (국제단위계에서 쿨롱 단위)가 받는 자기력을 로런츠힘이라고 하며 그 크기와 방향은 <식 1>에 따른다.

$$F = q(V \times B) \quad (1)$$

양자물리학에서의 자기장의 해석으로는 한쪽의 영구자석의 방향이 결정되면, 반대쪽 영구자석의 극성이 결정되는 것으로 이것을 곧 양자얽힘이라 한다. 즉 양자얽힘과 중첩 관계는 에너지를 뜻하며, 에너지이자 힘의 근원이 바로 자기장이라 할 수 있다.

2.4 양자배열

고전 물리학의 한계를 극복하기 위해 미시 세계의 현상을 설명하는 현대 물리학의 핵심 이론인 양자물리학의 기본 원리는 크게 중첩, 주파수, 파동 3가지로 구분할 수 있다. 파동은 물리학적 파동과 양자적 파동으로 해석하여 나눈다. 물리학적

파동은 동일한 파장이 발생하는 긍정적 파동과 시간차로 인하여 파동이 상쇄되는 부정적 파동으로 나누어진다. 양자물리학에서는 긍정적 파동을 보강간섭이라 하며, 부정적 파동을 상쇄간섭이라 한다. 주파수의 정의는 파동의 출발이라 할 수 있다. 이는 주파수가 보강간섭·상쇄간섭과 연결되는 것으로, 보강간섭이 발생되면 주파수는 높아지게 되고 공명화가 된다. 즉 파동성은 동일하나 주파수의 크기가 다르다는 것을 뜻한다. 파동과 주파수를 확인하는 방법을 간섭이라 하며, 고전 물리학에서의 간섭은 외압이며, 양자물리학에서의 간섭은 관찰이다. 마지막으로 중첩은 양자얽힘 현상으로 해석할 수 있다. 양자얽힘과 중첩현상은 에너지 발생의 근원이 되며, 이는 바로 자기장이기도 하다. 자기장과 극성의 차이로 양자얽힘을 해석해보면, 같은 극성은 서로 밀어내려 할 것이고, 다른 극성은 서로 붙으려고 할 것이다. 예를 들어 두 개의 영구자석을 서로 다른 극이 마주보게끔 N-S/S-N극으로 나란히 놓았을 경우, 같은 극성에서는 밀어내려고 할 것이고 다른 극성에서는 서로 끌어당기려고 할 것이다. 이 경우 두 개의 영구자석은 회전하게 된다. 이는 두 개의 영구자석이 중첩상태에 놓이게 되면, 한쪽의 영구자석 극성이 가고자하는 방향이 정해지면 다른 한쪽의 영구자석의 극성의 방향이 결정되는 것을 양자 얽힘이라 해석 할 수 있다.

또한 양자물리학을 기초로 한 양자적 자기장의 해석이 곧 양자배열이다. 양자배열은 초전도체(마이스너 효과) 현상의 유사성을 관찰할 수 있으며, 앞서 설명한 양자물리학의 기본 원리인 중첩과 양자얽힘 현상의 관계성 또한 해석이 가능하다[16]. 세상에 존재하는 모든 물질은 입자이면서 동시에 파동이라고 정의하고 있으며, 하나의 입자가 동시에 여러 개의 상태로 존재한다고 한다. 이것을 양자물리학에서는 양자중첩 상태라고 한다. 중첩상

태는 하나의 물질에서 끝까지 유지되는 현상이 아니라 외부에서 확인하는 순간 중첩 상태는 사라지게 된다. 이것은 측정하기 전까지 여러 상태로 동시에 존재하지만, 측정하는 순간 한 가지 상태로 결정 된다. 양자 물리학의 대표적인 현상 중 하나가 바로 양자얽힘이다. 양자물리학의 관점에서는 고유한 특성으로 서로 떨어져 있는 두 입자 중 한 쪽이 결정되는 순간 다른 한쪽의 상태가 결정되는 현상을 말한다[17]. 즉, 두 입자를 양자상태에서 스핀이 항상 반대가 되며, 측정하기 전까지는 두 입자의 상태를 알 수 없으나, 측정 순간에 결정되고 이는 즉시 얽혀 있는 다른 상태까지 결정되어 측정이 가능하게 된다[18].

3. 실험 및 고찰

3.1 실험장치

본 연구에서는 양자배열화의 원리를 통해 자기의 양자배열화한 실험 장치를 제작하여, 그 구조와 특성에 의한 작동과 측정 결과를 제시하고자 한다. 실험장치의 구성은 Fig. 1과 같으며 약 30mm 크기의 자석 6개와 약 20mm 크기의 자석 6개, 그리고 자석을 배치시키기 위한 아크릴 원형 케이스

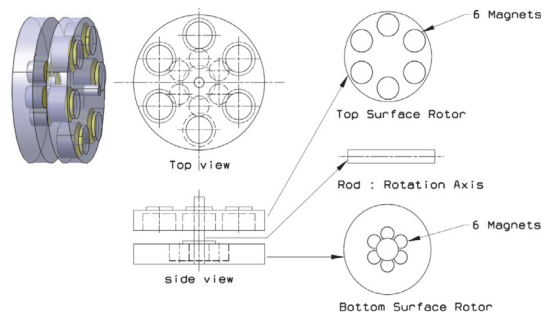


Fig. 1 Experiment equipment drawing

2중, 자석이 배치된 원형 케이스를 회전시키기 위해 로드(Rod) 1개와 구성품들을 결합하기 위한 볼트 및 스크류 등으로 제작하였다. 구조적으로는 자석의 N/S극을 양자배열화 된 함수해석으로 상하 배치하여 중첩현상을 구현하였다.

양자얽힘 현상을 물리적으로 해석하기 위해서는 중첩상태에서 에너지를 항상 유지해야 하며, 그 해석에 대한 존재가 바로 자석이다. 자석의 관계성으로 보면 전자기와 영구자석으로 나눈다. 전자기는 양극, 음극(+, -)이고 영구자석은 N/S극이다. 전자기의 양자얽힘을 물리학적 자기 관계성으로 해석하기 위해서는 회전 시 반대 에너지의 관계성을 찾아야 한다. 그러나 일반적인 물리학에서의 자석 기능으로는 자기와 양자얽힘의 관계성을 해석하지 못한다. 그 이유는 자기장의 저항 관계성은 저항값이 "0"이 아니기 때문에 N극과 S극이 서로 끌려가다 붙잡히게 된다. 그래서 기존 모터의 경우 회전자의 자기 저항값 "0"을 만들기 위해 전기의 자기스위칭 역할을 통해 회전을 시킨다. 즉, 전기를 입력하여 자기장의 저항을 발생시켜 회전자를 붙잡고 반대로 전기를 차단하여 자기장의 저항을 소멸시켜 회전자를 놓아주는데, 이때 소멸 된 자기장의 저항값은 "0"이 된다. 이 반복을 자기스위칭 역할이라 하며, 회전자기장이 형성되어 회전자를 회전시킨다. 그러나 저항값 "0"에 가깝게 전기를 통해 회전자기장이 만들어지나, 초전도체 현상은 될 수 없다.

초전도체 현상이 일어나기 위해서는 자기장의 양극(N극, S극) 부분에서 저항값 "0"에 대한 위치인 양자배열을 찾아야 하는데, 이는 곧 저항 관계에서 자유롭게 유도 될 수 있는 초전도체 현상이며 유사하게는 물리적 양자얽힘이 존재하게 된다. 즉 저항값이 "0"이 되는 것을 간단하게 확인할 수 있다는 뜻이다. 앞에서 소개한 모터의 전기 공급을 통한 자기스위칭 역할로 회전하는 것처럼 양

자배열 상태가 되면 전기 공급 없이 자기 유도 저항만으로 회전을 하게 되는데 저항값 "0"이 되어야 자기스위칭 역할로 회전이 가능하게 된다. 이 때 두 가지 현상이 존재한다.

첫 번째는 전기 공급 없이 회전 하는 것이다. 두 번째는 회전과 동시에 손실 없이 전기 출력이 가능해야 한다. 측정을 위해, 3-10 v의 전류가 흐르는 전기 실험용 발전코일을 설치하여 자기유도를 시켜 전기를 출력해도 자기저항과 상관없이 회전은 멈추거나 낮아지지 않고 속도를 유지하였다. 이것은 특정 낮은 온도에서만 일어나는 초전도체(마이스너 효과) 현상의 쿠퍼쌍 원리와 같이 에너지 분리 현상인 물리적 양자얽힘이 자기의 양자배열 상태가 되면 상온에서도 초전도체 현상과 유사함을 실험으로 확인하였다.

3.2 측정 및 분석

본 연구는 상온 초전도체에서 작동가능한 대체 에너지 개발 및 필요성에 관한 연구로 개략적인 실험은 하였으나, 온도 변화 및 실험환경의 변화에 대한 실험 및 전기저항에 미치는 영향은 추후 다루어 질 예정이다. 본 연구는 손상된 모터의 복구 및 성능 개선을 위한 각종 실험을 수행하는 도중에 회전수와 지속시간이 비약적으로 증가함을 확인하였다. 이 현상의 원인을 분석하기 위해 실험을 수행하였으며, 자기 배열을 Fig. 1과 같이 하여 반복 테스트한 결과 저항이 "0"이 되는 마이스너 효과와 유사한 현상을 발견하였다.

자기는 일반적으로 인력(attractive force)이 발생하나, 저항값이 "0"이 되기 위해서는 자기 상쇄가 되어야 회전한다. 상하로 배치된 자석의 위치가 서로 중앙에 놓이게 되면 저항값이 "0"이 됨을 확인하였다. 초전도체의 기본 조건은 열역학 제 3법칙에 따르며 절대온도 0도에서 저항값이 "0"이 되

는 것으로 알려져 있으나, 본 연구에서는 냉각과 정 없이 상온에서 코일을 연결하였을 때, 전기 생산이 즉시 가능함을 확인하였다. Fig. 1과 같이 만들어진 실험장치를 손가락 힘으로 자석이 배치된 아크릴 원형 상판을 회전시켰을 때, 회전측정기를 사용하여 저속, 중속, 고속 회전일 때의 시간을 측정하였다. 그 결과로는 회전속도가 500 - 1,000RPM 구간에서 평균 2분간 부하 없이 회전하였으며, 1,000 - 1,500RPM 구간에서는 평균 약 4분간 회전이 지속되었다. 1,500 - 2,000RPM 구간에서는 평균 약 6분간, 2,000 - 2,500RPM 구간에서는 평균 약 8분간, 2,500 - 3,000RPM

Table 1. Rotation time measurement results

(unit : min)

영역	회전 속도(RPM)					
	500 - 1,000	1,000 - 1,500	1,500 - 2,000	2,000 - 2,500	2,500 - 3,000	3,000 - 3,500
1	2.15	3.30	6.50	8.10	10.15	11.50
2	2.15	4.10	6.10	8.50	9.14	10.45
3	1.50	3.22	6.50	8.10	10.15	11.50
4	2.30	4.10	5.34	6.45	10.15	11.50
5	2.40	4.20	6.50	8.10	9.22	10.33
6	2.25	3.13	5.55	8.10	10.15	11.50
7	2.35	3.26	6.50	7.10	10.15	10.13
8	2.40	4.50	6.50	8.10	9.25	11.50
9	2.50	4.10	5.13	8.10	10.15	11.50
10	2.15	3.40	6.50	7.23	9.44	10.34
11	2.15	4.10	6.50	8.10	10.15	11.50
12	2.10	4.10	6.50	8.10	10.15	10.26
13	1.49	4.30	6.50	8.50	9.50	11.50
14	2.45	4.10	6.10	8.10	10.15	10.28
15	2.50	3.55	6.50	8.10	10.15	11.50
16	2.35	4.30	4.40	8.30	9.26	10.37
17	2.22	4.10	6.50	8.10	10.15	11.50
18	2.32	4.40	5.150	8.10	9.36	10.11
19	2.10	4.45	6.50	7.44	10.15	11.50
20	2.55	4.10	5.35	7.50	9.45	9.55
MAX	2.55	4.50	6.50	8.50	10.15	11.50
MIN	1.49	3.13	4.40	6.45	9.14	9.55
AVE	2.22	3.94	6.06	7.91	9.82	10.92

구간에서는 평균 약 10분간 회전함을 확인 하였다. 이는 구조적으로 자석의 N/S극을 활용하여 자기의 양자배열화가 실현되면 저항을 최소화 할 수 있음을 연구 실험 및 분석을 통해 확인한 결과이다.(Table 1).

3.3 고찰

본 연구에서는 미세한 힘 또는 느린 회전수에도 최소한의 저항으로 기존 전력대비 평균 20배 이상의 시간동안 회전함을 알 수 있었다. 이것은 초전도체 현상 중 하나인 마이스너 효과와의 유사한 결과를 보였다. Table 2는 초전도체와 본 연구에서 개발된 자기의 양자배열화 프로토타입의 저항값 "0"이 되는 차이를 설명하였다.

양자물리학과 마이스너 효과는 현대 물리학에서 깊이 연구되고 있는 주제 중 하나로, 상호관계를 분석하는 것은 과학적으로 중요하다. 초전도 현상에서만 나타나는 외부에서 자기장을 가하게 되면 초전도체가 이를 밀어내는 마이스너 효과의 유사성을 확인하기 위해 실험적 연구를 수행하였다.

분석 결과, 자기의 양자배열한 실험장치는 인력

이 발생하는 자기의 일반적인 특성이 아닌, 저항값이 "0"이 되어 자기를 상쇄시켜 회전하는 것을 확인하였다. 특히 미미한 힘으로도 회전 시간을 오래도록 유지할 수 있는 것과 별도 냉각 없이 코일과 전구를 장착하여 전기 생산이 즉시 가능함을 확인하였다. 이는 초전도체 현상과 마이스너 효과와의 유사성을 관찰한 것이며, 물질의 합성이나 온도의 영향이 거의 미치지 않음을 확인할 수 있었다.

본 연구는 자기를 이용한 양자배열로 양자에너지의 실용화 가능성을 확인하였다. 따라서 지구온난화와 자원고갈에 따른 대체에너지 개발의 한계를 극복할 가능성을 보였으며, 이를 통해 지구의 생태계와 인류의 지속 가능한 미래를 위한 기술적 해결책을 모색할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 산업체에 적용되면 현재 배터리가 가지는 태생적 한계 즉, 부피, 자연방전, 폭발, 기대수명 한계 등의 개선이 가능할 것이다. 또한 전기저항으로 효율적이지 못한 기존 소형 모터의 전력을 부하 없이 사용하고, 생산·저장할 수 있는 에너지하베스팅시스템(Energy Harvesting System, EHS)의 실용화 가능성이 열릴 것이다.

Table 2. Superconductors vs. quantum experimental devices

구분	초전도체		자기의 양자배열화 프로토타입
	고온 초전도체	저온 초전도체	
온도	약 -196°C	약 -200°C 이하	저온/상온/고온 무관 고온 150도 이상시 자기장이 약해질 수 있음
환경	액체진공과 같은 상대적으로 저온 환경	액체 헬륨과 같은 극저온 냉각 필요	환경 무관
재료	대부분 복합 산화물 재료인 구리산화물 기반 등의 물질	금속 합금이나 세라믹스와 같은 물질	일반 자석
현상	마이스너 효과	마이스너 효과	마이스너 효과 유사성
자기저항	"0"	"0"	"0"

4. 결론

본 연구에서는 양자배열화의 원리를 통해 자기의 양자배열화한 실험 장치를 제작하여, 그 구조와 특성에 대한 작동방식 및 측정결과를 제시하였고 산업적인 관점에서 분석하였다.

우선 초전도체의 기본 조건은 열역학 제 3법칙에 따르면 절대 0도에서 저항값이 "0"이 되는 것으로 알려져 있으나 본 연구에서는 냉각과정 없이 상온에서 코일을 연결하였을 때, 전기 생산이 즉시 가능함을 확인하였다. 특히, 미세한 힘 또는 느린 회전수의 최소한의 전력만으로 기존 전력대비 평균 20배 이상 효율이 발생함을 확인하였다.

양자물리학과 마이스너 효과는 현대 물리학에서 깊이 연구되고 있는 주제 중 하나로, 이들 간의 상호관계를 명확히 이해하는 것이 필요하다. 이번 실험에서는 초전도 현상에서만 나타나는 외부에서 자기장을 가하게 되면 초전도체가 이를 밀어내는 마이스너 효과의 유사성에 대한 실험적 연구를 수행하였으며, 실험장치는 인력이 발생하는 자기의 일반적인 특성이 아닌, 저항값이 "0"이 되어 자기를 상쇄시켜 회전을 확인하였다. 실험결과는 기존의 모터와 발전기의 수정, 변경 없이 양자배열화의 적용이 가능할 것으로 보인다.

본 연구 결과는 지구온난화와 같은 전 세계적인 문제에 대응하는데 새로운 가능성을 제공할 것이다. 또한 지구의 생태계와 인류의 지속 가능한 미래를 위한 기술적 해결책을 모색할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 임소영·박희수, “기후변화 관련 최근 원조현황과 논의 방향(3),” 국제개발협력, 65-84, (2009).
- [2] 김삼화, “신·재생에너지에 대한 경제성 고찰 : 태양광, 풍력, 연료전지 에너지를 중심으로”, 건국대학교 석사학위논문, (2016).
- [3] 김동호, “신재생에너지 산업의 경제적 파급효과 분석”. 목포대학교 석사학위논문, (2018).
- [4] Onnes, H.K., “The Resistance of Pure Mercury at Helium Temperatures,” *Commun. Phys. Lab. Univ. Leiden*, 12, 1, (1911).
- [5] 이성익, “초전도 창의 연구단 소개(새로운 초전도 연구)”, 초전도와 저온공학, 제3권 1호, pp.30-31, (2001).
- [6] 서순범, "도핑과 압력 실험을 통한 무거운 페르미온 화합물 CeRhIn₅와 CeCoIn₅에서 나타나는 양자임계점과 초전도현상의 관련성 연구," 성균관대학교 박사학위논문, (2016).
- [7] 최홍석, "제일원리계산을 이용한 CrB₂ 고압 초전도체의 메커니즘 연구," 고려대학교 석사학위논문, (2023).
- [8] 김창영, 박승룡, "고온 초전도 현상과 근본 원리의 규명 연구," 초전도와 저온공학, 제18권 2호, pp. 2-5, (2016).
- [9] Tweney, R.D. (1991). Faraday's 1822 "Chemical hints" notebook and the semantics of chemical discourse. *Bulletin for the History of Chemistry*, (No. 11, Winter), 51-55.
- [10] K.S. Ship, "Modelling and Performance Simulation of a High Temperature Superconducting Synchronous Generator," A dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy at the University of Southampton, United Kingdom, p.172, (2015).
- [11] 황승국, 최시웅, 강일찬, 최쌍용, 박영만, “양자요동에 의한 자기유도증폭 발전시스템,” 한국지능시스템학회 논문지, 제31권 1호, pp. 45-52, (2021).
- [12] 한국초전도학회, 초전도의 역사 (2023).
- [13] 박기현, 자기장 측정 방법 및 응용 연구, 포항공과대학교 박사학위논문, (2001).
- [14] Petrus Peregrinus de Maricourt, *Opera: Epistula de magnete; Nova compositio astrolabii particularis*. Edited by, Loris Sturlese and Ron B. Thomson. (Centro di Cultura Medievale, 5.) p.208, (1995).
- [15] Wiki.hash, 자기장, (2021).

- [16] 손승환, 양자 얽힘 정도에 대한 연구, 경상대학교 석사학위논문, (2020).
- [17] Kim, H. J., Jung, J. Lee, H., K. J. and Ra, Y. S., “Recovering quantum entanglement after its certification,” *Science Advances*. American Association for the Advancement of Science (AAAS), Vol.9(40), p.7, (2023). DOI: 10.1126/sciadv.adi5261
- [18] I. Bengtsson and K. Życzkowski, “On Geometry of quantum states: an introduction to quantum entanglement” Gerard J. Milburn, p.543, (2008). DOI: 10.1017/CBO9780511535048.

(접수: 2024.07.22. 수정: 2024.08.05. 게재확정: 2024.08.08.)