

전자기유도방식을 이용한 유아동 교육 교구의 2차원 블록 검사 시스템 개발

유영기^{1*}, 정민혁¹, 김은호², 황순호³

¹선문대학교 공과대학 정보통신공학과, ²한국생산기술연구원 디지털전환연구부문, ³(주)플레이탱고

Development of 2D Block Inspection System for Early Childhood Education Tools Using Electromagnetic Induction Method

Young Kee Ryu^{1*}, Min Hyuk Jeong¹, Eun Ho Kim², Soon Ho Hwang³

¹Department of Information and Communication Engineering, Sunmoon University

²Digital Transition R&D Department, KITECH

³Playtango Inc.

요약 유아동을 위한 교육 교구로 개발된 전자기유도방식을 이용한 2차원 블록 인식 장치는 일정한 격자형 간격으로 배치된 다수의 발신코일에서 순차적으로 전자기유도신호가 방사된다. 블록케이스 내에 위치한 다수의 LC 공진회로로 구성된 수신공진코일에 무선으로 에너지가 전달된 후, 충전된 에너지는 다시 발신코일로 방사되어 신호의 세기가 측정된다. 이렇게 미리 정해진 공진주파수로 교류신호가 입력된 후 측정된 신호로부터 블록의 유무 및 종류를 인식하는 새로운 전자기유도방식의 2차원 블록인식 장치가 개발되었다. 이 시스템의 안정적 동작은 블록 내에 다수의 수신공진코일이 미리 설계된 공진주파수에 따라 제작되어야 한다. 그러나 대량으로 다양한 수신공진코일을 양산시 표면실장 오류, 부품 불량 등으로 수신공진코일의 공진특성이 변하는 불량이 발생할 수 있기 때문에 수신공진코일의 성능을 측정하여 불량제품을 검사하는 시스템이 필요한 실정이다. 본 논문에서는 수신공진코일의 주파수응답함수를 측정하여 미리 설계된 공진주파수로 제작되었는지, 안정적인 동작에 필요한 응답 성능을 만족하는지를 판별하는 정보를 추출하여 불량을 구별할 수 있는 검사시스템을 제안하고자 한다. 본 연구에서는 수신공진코일의 주파수응답함수를 측정하여 불량을 판단할 수 있는 검사시스템을 개발하였다.

Abstract A two-dimensional block-recognizing device using an electromagnetic induction method was developed as an educational teaching tool for children. It emits electromagnetic induction signals sequentially from transmission coils arranged at regular intervals in a grid. Energy is wirelessly transferred to a receiving resonant coil composed of LC resonant circuits located in the block case, the charged energy is radiated back to the transmitting coil, and the signal strength is measured. A new electromagnetic induction-type two-dimensional block recognizing device was developed to recognize the presence and type of a block from the measured signal after an AC signal is input at a predetermined resonant frequency. For stable operation of this system, the receiving resonant coils in a block have to be manufactured according to a predesigned resonant frequency. However, when manufacturing various receiving resonance coils in large quantities, defects in the resonance characteristics of the receiving resonance coil may occur due to surface mounting errors, defective parts, etc. Therefore, a system is required for measuring the performance of the receiving resonance coil and inspecting defective products. In this study, an inspection system was developed to determine defects by measuring the frequency response function of the receiving resonant coil.

Keywords : Electromagnetic Induction, Receiving Resonant Coil, Inspection System, LC Resonance, Block Module

이 연구는 2022년도 선문대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 이루어졌음.

*Corresponding Author : Young Kee Ryu(Sunmoon Univ.)

email: ryu@sunmoon.ac.kr

Received January 5, 2023

Revised February 17, 2023

Accepted March 3, 2023

Published March 31, 2023

1. 서론

최근 코로나 19 발생으로 인하여 유아동이 가정에서 머무는 시간이 늘어나고 있으며, 만 3~9세의 하루 평균 스마트폰 이용은 4시간이상으로 세계보건기구(WHO) 권고기준의 4배를 초과하는 스마트폰 사용량이 급격히 증가하였다[1]. 이로 인하여 발달과정 중에 거쳐야 할 실물 놀이의 기회가 박탈되었다고 한다. 놀이 위주로 편성된 공교육 시간 역시 크게 줄면서 유치원에서 친구, 선생님과 함께 하던 신체적 교구활동 시간이 줄어들고 집에서 아이 혼자 스마트폰을 이용하는 시간이 늘어났다고 한다.

그래서 전 세계의 학부모는 아이의 스마트폰 사용을 대체할 건강하면서도 교육효과가 있는 솔루션을 원하고 있으며, 프랑스, 미국, 일본, 대만 등 국제사회 역시 유아동의 스마트폰 사용 제한을 위한 각종 법적 장치를 마련하는 추세이다. 유아 단계에서는 세상과 직접 접촉하는 만질 수 있는 체험이 뇌 발달에 매우 중요한 것에 비하여, 유아단계에서의 지나친 스마트폰 과몰입은 이를 저해한다.

국내의 중소기업 P사는 적외선광을 이용한 광학식 방법을 이용한 유아동을 위한 교육교구를 Fig. 1에 보이는 바와 같이 출시하였다.



Fig. 1. Educational teaching tool using optical method[2]

그러나 이러한 광학식 방법을 이용한 동작원리에는 크게 세 가지 문제점이 발생한다고 한다. 첫 번째 문제점으로 블록의 반사면이 시간에 따라 발색되어 변하거나, 오염 등으로 반사광의 광량이 변하는 문제로 인하여 동작 오류가 발생하고, 두 번째로 우유나 음료 등으로 제어보드의 수발광원 보호용 투명창이 오염되어 광량 변화로 잦은 오류가 발생하는 경우가 발생하고 있으며, 세 번째로 태양과 같은 외부 직사광선이나 조명에 의한 동작오류가 발생하는 경우 등의 문제들이 제시되어 동작오류

문제를 해결 할 수 있는 새로운 방법이 요구되어지는 실정이었다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 기존 광학식 방식으로 동작되었던 적외선 수발신 센서를 대체하여 전자기유도방식의 방법[3,4]을 제안하였다. 이 방법은 일정한 격자형 간격으로 배치된 다수의 발신코일에서 순차적으로 방사된 전자기유도 신호는 블록케이스 내에 위치한 다수의 수신공진코일에 무선으로 에너지가 전달되고, 충전된 에너지는 다시 발신코일로 방사되어 측정되는 무선으로 신호를 전달하는 동작원리로 블록의 유무 및 종류를 인식하는 새로운 2차원 블록인식 장치를 제안하였다. 이 시스템의 안정적 동작은 블록 내에 다수의 수신공진코일이 미리 설계된 공진주파수에 따라 제작되어야한다. 그러나 대량으로 다양한 수신공진코일을 양산시, 표면실장 오류, 실장부품 불량등으로 인하여 다양한 불량 발생 할 수 있기때문에 수신공진코일의 성능을 검사하여 불량 제품을 사전에 검사하는 시스템이 필요한 실정이다.

본 논문에서는 수신공진코일의 주파수응답함수를 측정하여 미리 설계된 공진주파수로 제작되었는지, 안정적인 동작에 필요한 응답 성능을 만족하는지를 판별하는 정보를 추출하여 불량을 구별할 수 있는 검사시스템을 제안하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 유아동 교육 교구를 위한 전자기유도방식을 이용한 2차원 블록인식장치의 동작원리

기존의 적외선을 이용한 광학식 유아동을 위한 교육교구의 문제점을 극복하기 위하여 언급한 전자기유도방식으로 무선 수신공진코일 공진주파수를 인식하기 위한 기본적인 구조를 Fig. 2에 보이고 있다. 마이크로프로세서(Microprocessor)로 부터 출력된 신호(V_{input})는 발신 드라이버(Transmitter Driver)를 거쳐 발신코일(Transmitter Coil)이 수신공진코일(Receive Resonance Coil)에 무선으로 에너지를 전달 할 수 있도록 발신드라이버와 발신코일사이에 있는 스위치(S_{switch})가 연결되도록 설정되어 있다. 발신코일로부터 무선으로 전달된 에너지는 인덕턴스 성분을 가진 코일과 콘덴서가 병렬 연결되어 LC 공진 회로로 구성된 수신공진코일(Receive Resonance Coil)에 저장된다①. 발신신호 입력 후 스위치의 설정상태가 발신코일이 증폭기 및 필터에 연결되도록 설정이 변경되면, 수신공진코일에는 더 이상 무선으로 출력 드라이버로부

터 에너지 수신은 차단되고, 저장된 에너지가 반대로 발신코일로 전송된다. ㉓ 발신코일로 전송된 신호는 증폭 및 필터회로로 연결㉔되어 신호 필터링㉕ 및 증폭 처리㉖㉗㉘가 이루어진다[5,6].

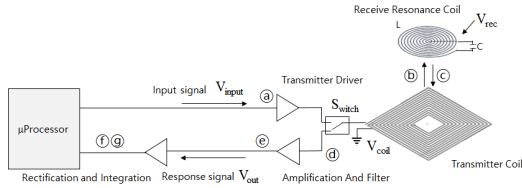


Fig. 2. The principle of wireless recognition using electromagnetic induction method

앞에서 기술한 신호의 전달 과정을 Fig. 3에 좀 더 자세히 표현 하였다. Fig. 3(a)는 입력신호가 디지털신호로 발신코일에 전송되는 신호를 보이고 있으며, 디지털 신호의 펄스수는 수신신호의 크기를 고려하여 결정된다. Fig. 3(b)는 수신된 디지털 신호가 발신코일을 거쳐 무선으로 전자기유도 원리에 의하여 서서히 증가하는 정현파 신호가 발생한다. 이렇게 발생한 신호는 수신공진코일에 유도되어 Fig. 3(c)와 같이 서서히 신호가 증가하다가 스위치 상태가 변경되어 발신코일이 증폭회로와 연결되면 신호는 더 이상 증가하지 않고 저장된 신호가 방전하면서 감소하게 된다. 이러한 수신공진코일의 신호는 다시 발신코일로 유도되어 Fig. 3(d)와 같이 수신되어 증폭 및 필터링 회로를 거치게 된다. Fig. 3(e)와 같이 미세한 유도 신호를 공진주파수 주변신호만 통과하도록 하는 밴드 패스필터와 증폭 회로를 통과 신호를 보이고 있으며, Fig. 3(f)는 증폭된 신호를 전파정류처리를 거친 신호이고(V_{rect}), 이 신호의 출력 값을 구하기 위하여 적분회로를 거친 결과 신호 예를 Fig. 3(g)에 보였다. 이러한 처리를 통해서 미세한 유도신호를 노이즈에 강하면서 증폭신호를 얻는 예를 보이고 있다.

Fig. 4는 입력신호의 가진 주파수와 LC 공진회로로 구성된 수신공진코일의 공진주파수사이의 관계를 보여주고 있다. 만일 수신공진코일의 공진주파수가 f_2 라면 가진주파수가 공진주파수와 동일한 경우 최댓값의 응답(output)신호를 보일 것이다. 그러나 가진신호의 주파수가 f_1 혹은 f_3 공진주파수 f_2 에서 멀어질수록 응답신호는 공진주파수 f_2 일 때와 비교해서 상대적으로 낮은 응답신호를 보여주는 주파수 응답 신호를 보여주고 있다 [7-9].

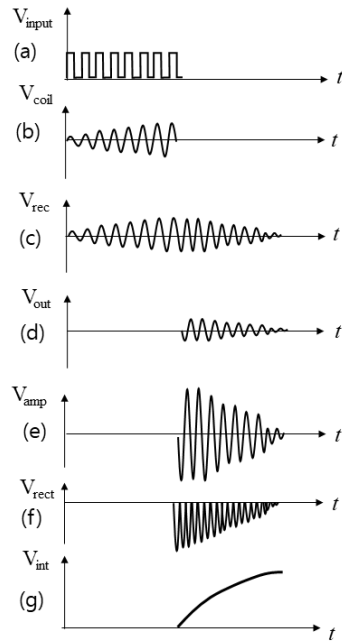


Fig. 3. The input signal processing procedure

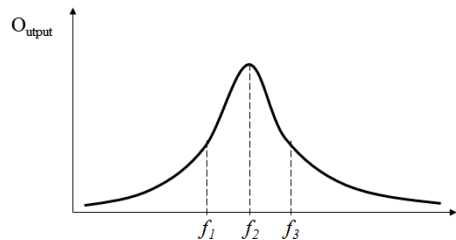


Fig. 4. Frequency response function around the resonant frequency

만일 수신공진코일의 공진주파수를 각 f_1, f_2, f_3 세 가지로만 제작이 된다면, 앞의 그림에서 설명한 것과 같이 세 가지 가진주파수에 해당하는 응답신호의 크기로부터 수신공진코일의 공진주파수를 판정하는 과정을 Fig. 5에 간단히 보이고 있다.

만일 수신공진코일의 공진 주파수가 f_2 로 제작되어있는 경우에 수신공진코일의 유무 및 공진코일의 주파수를 구분하기 위하여 가진주파수를 수신공진코일이 가질 수 있는 세 가지 공진주파수 f_1, f_2 및 f_3 를 각각 인가 후 각 가진 주파수에 대한 출력응답신호를 측정한다. 앞에서 설명한 Fig. 4의 주파수응답함수를 고려하면, 수신공진코일의 공진주파수와 일치하는 가진주파수 f_2 일 때의 출력신호가 수신코일의 공진주파수와 일정 간격 떨어져있

는 f_1, f_3 의 출력신호보다 크게 나타날 것이다. 따라서 만일 수신공진코일이 놓여있지 않다면 출력신호는 세 가지 가진 신호에 모두 응답신호가 매우 작게 나타날 것이다. 만일 수신공진코일이 발신코일 상단에 놓인 경우는 위의 그림과 같이 최댓값을 가지는 가진주파수가 바로 수신공진코일의 공진주파수로 구분할 수 있을 것이다.

지금까지 실제 시스템에서 고속으로 수신공진코일의 공진 주파수를 구분하기 위해서 미리 설정된 세 가지의 공진주파수 중 하나로 설계된 수신공진코일이 발신코일 상단에 놓인 경우 각 가진주파수에 따른 응답신호의 크기로 부터 수신공진코일의 공진주파수를 고속으로 알아 내는 방법을 간단히 기술하였다.

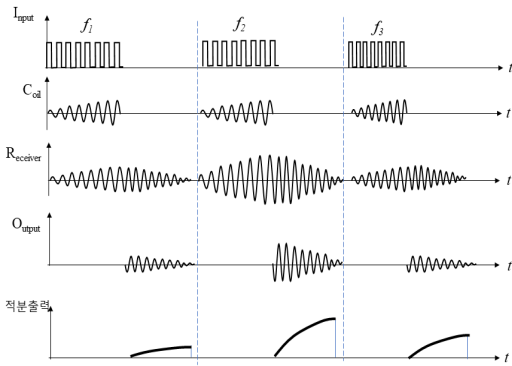


Fig. 5. The process of determining the resonant frequency of the receiving resonant coil

2.2 블록 인식 시스템 구성

Fig. 6에서는 일정 간격 P로 발신코일이 가로 N개, 세로 M개로 구성된 센서보드(Sensor Board)는 멀티플렉서를 통하여 제어회로의 신호가 순차적으로 전체 발신코일을 구동하도록 설계하였다. 그리고 발신코일과 동일한 간격으로 다수의 수신공진코일로 구성된 블록(Block)을 아래의 그림에 보였다. 아래의 Fig. 6 예에서와 같이 만일 수신공진코일이 가로 세로 3x3으로 설계되어 9개의 수신공진코일이 설계된다. 공진주파수를 앞에서 기술한 예와 같이 세 가지 즉 f_1, f_2, f_3 를 조합한다면 서로 구분되는 블록을 다양하게 제작할 수 있을 것이다.

Fig. 7의 (a)와 (b)는 수신공진코일의 수 3x3으로 같더라도 미리 설정된 세 가지 공진주파수 f_1, f_2, f_3 의 조합을 달리하고 사전에 데이터베이스에 공진주파수와 위치를 관리한다면, 어떤 종류의 블록인지를 구분할 수 있을 것이다.

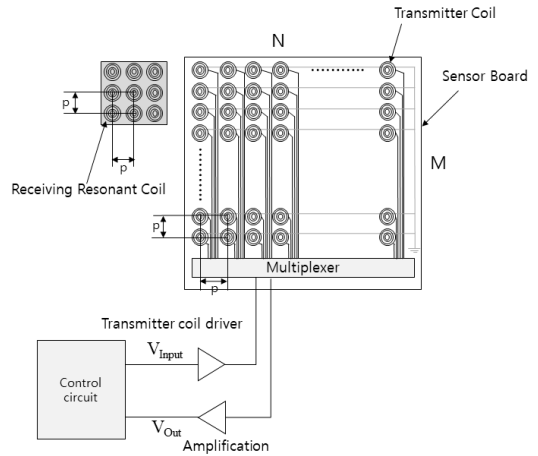


Fig. 6. System configuration of the electromagnetic induction based 2D block recognition system

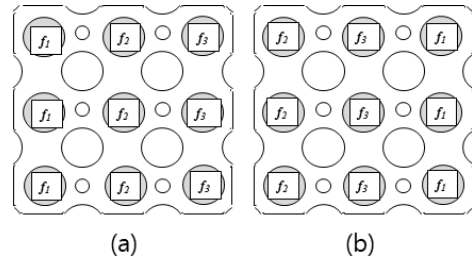


Fig. 7. Examples of receiving resonant coil combination of $f_1, f_2,$ and f_3 with different resonant frequencies

2.3 전자기 유도 방식 블록 인식 시스템 제작 및 동작

본 연구에서는 15mm 간격으로 발신코일이 가로세로 21x14로 제작된 센서보드를 제작하였으며, 동일한 간격으로 3x3의 수신공진코일이 미리 설정된 세 가지 공진주파수의 조합으로 제작하였다. 세 가지 공진주파수 f_1, f_2, f_3 는 500kHz, 600kHz 그리고 700kHz로 미세신호 증폭기의 주파수 대역을 고려하여 설계하였다. 수신공진코일은 양면 PCB로 단순 코일형태로 제작되며, Fig. 2에 표현되어있는 것과 같이 코일형태의 인덕턴스 성분에 병렬로 공진콘덴서를 연결함으로써 LC공진 수신공진코일이 제작된다. 미리 일정한 코일 인덕턴스 L에 세 가지 공진주파수에 해당하는 콘덴서용량 C를 연결함으로써 서로 다른 공진 주파수를 설정할 수 있다. 공진주파수와 코일의 인덕턴스 L, 공진 콘덴서 용량값 C 사이의 관계는 다음 Eq. (1)과 같다.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \times C}} \quad (1)$$

Where, f resonance frequency, L Inductance, C Capacitor

3. 수신공진코일의 성능

3.1 수신공진코일의 설계 및 제작

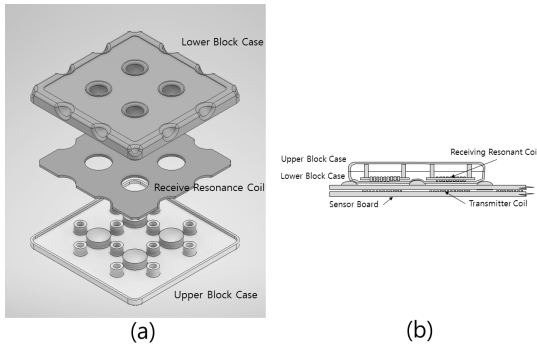


Fig. 8. Shape of block case with built-in receiving resonant coil

앞에서 기술한 세 가지 공진주파수의 조합으로 제작된 9개의 수신공진코일은 Fig. 8(a)에 보이는 바와 같이 블록케이스(Block Case)에 고정되며, 수신공진코일과 발신코일이 일정 위치에 안정적으로 배치되도록 블록과 센서보드 사이에 블록가이드(Block Guide)를 구성되며 이 관계를 Fig. 8(b)에 단면도로 보였다.

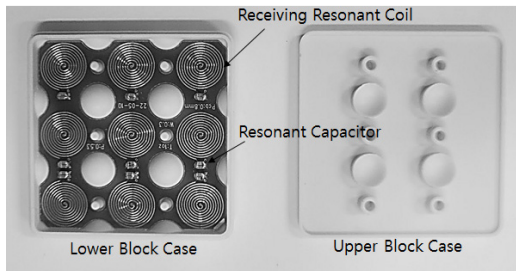


Fig. 9. Example of receiving resonant coil

Fig. 9는 실제 전자기 유도 방식 블록 인식 시스템에 적용된 블록 케이스에 0.8mm 두께의 양면 PCB에 9개의 수신공진코일을 설계하였다. LCR Meter로 측정된 결과 인덕턴스는 $1.27\mu\text{H}$, 저항은 0.47Ω 으로 측정되었

다. 측정된 인덕턴스와 설계 공진주파수에 따라 공진 캐패시터 값을 Eq. (1)에 따라 정하여 9개 각각에 실장하게 된다.

3.2 수신공진코일의 불량원인

실제 수신공진코일을 양산시에는 PCB에 설계된 코일의 인덕턴스와 저항 값이 생산공정 중에 형상이 변할 수 있고, 공진 캐패시터값 또한 이상적인 값과 동일한 값이 제공되지 않기 때문에 설계된 공진주파수와 다른 공진주파수를 보일 수 있다. 그리고 주변 온도변화에 따른 변화와 블록케이스 내에 수신공진코일의 장착 오류로 인한 출력전압이 낮아지는 문제가 발생할 수도 있다. 이러한 다양한 변화나 오류는 블록인식장치의 심각한 동작오류를 발생시킬 수 있기 때문에 수신공진코일 양산시 사전에 검사를 통하여 불량을 배제하는 시스템이 필요한 실정이다.

4. 수신공진코일의 검사시스템

4.1 수신공진코일의 주파수응답함수

Fig. 10은 앞에서 기술한 다양한 원인으로 수신공진코일의 주파수응답 예를 보이고 있다. Fig. 10(a)는 정상적인 수신공진코일의 주파수응답함수를 보였다. 공진주파수 f_2 로 설계된 수신공진코일을 그림과 같이 f_1, f_2, f_3 로 가진신호가 입력되는 경우 출력 값이 각각 $V_{f_1}^2, V_{f_2}^2, V_{f_3}^2$ 로 출력되는 결과를 보이고 있다.

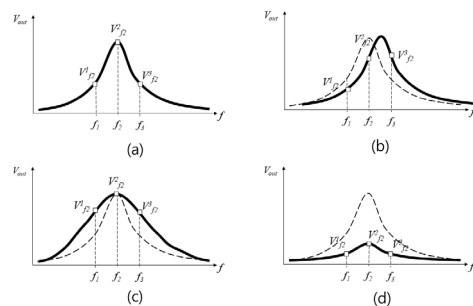


Fig. 10. Example of frequency response function change due to various causes

정상적인 경우 공진주파수로 입력된 경우는 출력 값이 크게나오고, 공진주파수에서 벗어난 가진주파수에서는 출력 값이 상당히 작게 나오게 될 것이다. Fig. 10(b)는 생산공정 중의 오류발생이나 공진 캐패시터의 장착오류

로 설계 공진주파수가 변경되어 출력 값이 공진주파수에서의 출력값 보다 크게 나오는 경우 동작오류가 발생할 수 있는 예를 보이고 있다. Fig. 10(c)는 공진주파수 f_2 로 출력 값이 나오지만 공진주파수에서 빗겨난 f_1, f_3 에서의 출력 값이 상대적으로 크게 나오는 경우에도 작은 측정 노이즈에 동작오류가 발생할 수 있을 것이다. Fig. 10(d)도 유사한 경우로 공진주파수는 설계 값과 같으나 출력 값이 전체적으로 감소하여 노이즈 등의 외란에 동작오류가 발생할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 이러한 수신공진코일의 주파수응답함수의 변형으로 발생할 수 있는 불량 수신공진코일을 실시간으로 검사하는 시스템을 개발하였다.

4.2 수신공진코일의 불량검사

본 연구에서는 수신공진코일의 불량검사를 위하여 세 가지 공진주파수 f_1, f_2, f_3 즉 500kHz, 600kHz, 700kHz 이외에 수신공진코일의 주파수응답함수를 측정하기 위하여 Fig. 2에서 기술한 전자기유도방식으로 무선 수신공진코일 공진주파수를 인식하기 위한 기본적인 구성에서 입력신호를 300kHz에서 1000kHz까지 인가하며 출력 값을 측정하는 검사시스템을 제작하였다. 그리고 설정된 공진주파수로 제작되었는지 그리고 안정적으로 동작가능한지를 판단하는 PC 윈도우즈 MFC 응용 프로그램을 제작하여 검사시스템을 제작하였다. Fig. 11은 주파수응답함수를 측정하기 위하여 센서보드에 놓인 블록을 보이고 있으며, 블록 내부에는 9개의 수신공진코일이 일정 간격으로 배열되어있으며, 공진주파수는 그림에서와 같이 각 3개씩 좌측부터 500kHz, 600kHz, 700kHz로 배치되어있다. Fig. 12는 검사시스템을 이용하여 측정한 주파수응답함수를 보이고 있다.

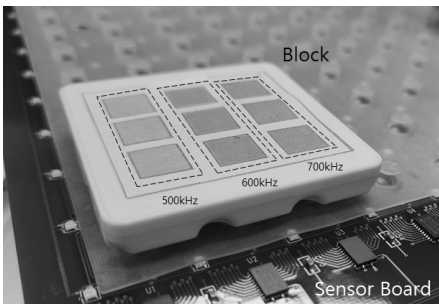


Fig. 11. Block with built-in 9 receiving resonant coils used for measurement to measure the frequency response function

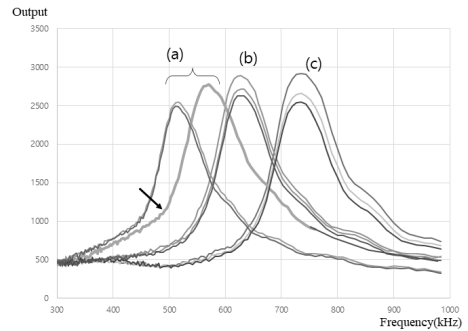


Fig. 12. Measurement result of frequency response function of 9 receiving resonant coils

위의 주파수응답함수 측정 결과 각 공진 주파수별로 3개씩 겹쳐 출력되고 있음을 알 수 있으며, 위의 그림에서 (a), (b) 및 (c)는 각각 500kHz, 600kHz 및 700kHz로 설계된 결과이다. 앞에서 기술한 원인으로 설계된 공진 주파수보다 다소 차이 나게 결과가 나타났다. 특히 (a)의 화살표로 표시된 수신공진코일은 설계치와 크게 벗어남을 보이고 있다. 그러나 이러한 그래프만으로 동작시 안정적으로 동작하는지 알 수 없기 때문에 아래 그림과 같이 PC 응용프로그램을 개발하여 필요정보를 표시하고, 미리 입력된 설계값과 차이가 발생하는 측정결과에 불량 표시를 지원하도록 개발하였다.

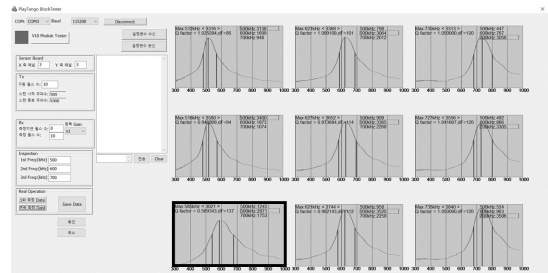


Fig. 13. PC application program that automatically measures frequency response function and shows inspection parameters

Fig. 13는 PC 응용 프로그램에서 측정 결과 화면을 보이고 있으며, 예로 한 부분을 아래 Fig. 14에 보였다.

아래의 그림은 9개의 측정 결과 중 공진주파수가 600kHz로 설계된 예를 보이고 있다. Fig. 14(a)는 300kHz에서 1000kHz사이에서 측정된 주파수응답함수를 보이고 있으며, Fig. 14(b)는 최대 출력값을 보이는 위치 및 출력 값을 보이고 있으며, 실제 측정 결과(621kHz)가 설계 값(600kHz)과 21kHz 차이를 보이고 있다. Fig.

14(c)는 공진주파수의 품질을 표시하는 Q값을 보이고 있으며, Fig. 14(d)는 설정된 세 개의 공진주파수에 출력값을 출력하였다. 공진주파수는 다소 설계치와 다르겠지만 설계된 600kHz에서의 출력 값이 500kHz와 700kHz의 값보다 크게 차이 난 결과를 보임을 알 수 있다. 이러한 출력결과를 바탕으로 수신공진코일의 품질과 불량을 판단하는 데이터로 사용이 가능할 것이다. Fig. 13에서 보이는 바와 같이 개발된 응용프로그램은 미리 주어진 설계값과 비교하여 그림과 같이 설계값과 차이가 나는 수신공진코일에 해당하는 그래프 창에 굵은선으로 표시하여 불량 수신공진코일 발생을 자동으로 표시하도록 개발하였다.

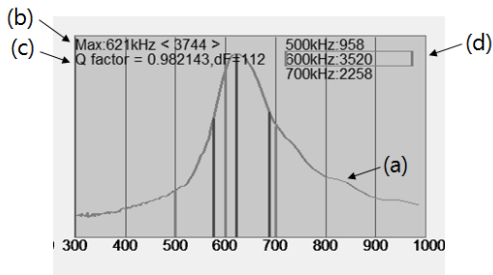


Fig. 14. An example of a measured frequency response function curve and inspection parameters

5. 결론

본 연구에서는 기존의 전자기유도방식의 2차원 블록 인식장치에서 실제 수신공진코일을 양산시에는 PCB에 설계된 코일의 인덕턴스와 저항 값이 생산공정 중에 변할 수 있고, 공진 캐패시터값 또한 이상적인 값과 동일한 값이 제공되지 않기 때문에 설계된 공진주파수와 다를 수 있다. 그리고 주변 온도변화에 따른 변화와 블록케이스 내에 수신공진코일의 고정 오류로 인하여 출력전압이 낮아지는 문제가 발생할 수도 있다. 이러한 다양한 변화나 오류는 시스템의 심각한 동작오류를 발생할 수 있기 때문에 수신공진코일 양산시에 사전에 검사를 통하여 불량을 배제하는 시스템이 필요한 실정이었다.

본 연구에서는 제작된 수신공진코일의 성능을 검사할 수 있도록 PC 응용 프로그램을 개발하여 수신공진코일의 주파수응답함수를 측정하고, 미리 설정된 세 가지 공진주파수에서의 출력값 등을 계측하여 실제 동작에서 안정적으로 동작할 수 있는지를 판정하는 정보를 제공하고 불량을 표시하는 검사시스템을 개발하였다.

References

- [1] YTN, Ages 3 to 4 years old use media for 4 hours and 8 minutes a day... 4 times the WHO recommendation, YTN, Jan. 2021 , Available From: https://www.ytn.co.kr/_ln/0106_202101131352208135 (accessed Sept. 20, 2022)
- [2] Playtango, Hangul Phonics Set , Playtango Inc., 2019, Available From: https://playtango.co.kr/shop_view/?idx=246 (accessed Oct. 12, 2022)
- [3] Young Kee Ryu, Kuk Won Koh, Hak Soo Kim, "A Non-contact Two-Dimensional Position Sensing Device Using Electromagnetic Induction", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol.29, No.11, pp.1159-1163, Nov 2012. DOI: <https://doi.org/10.7736/KSPE.2012.29.11.1159>
- [4] Young Kee Ryu, "Design of a Multiple Transmit Coil Driver for Implantable Telemetry Devices", *Institute of Control, Robotics and Systems*, Vol.21, No.7, pp609-614, July 2015.
- [5] Young Kee Ryu, "Wireless Power Transmission Technology for Implantable Telemetry Device based on Multiple Transmit Coils", *The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.15, No.2, pp203-211, April 2015.
- [6] S. K. Kim, "Wireless power transmission technology using multiple transmitter coils," Sun Moon University Master Thesis (in Korean), 2014.
- [7] J. H. Park, "A study on the effect of resonant coil size and load resistance on the transmission efficiency of magnetic resonance wireless power transfer system," Journal of Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers (in Korean), vol. 6, no. 7, pp.45-51, 2012.
- [8] Y. G. Kim, "Magnetic resonant coil for enhancement of wireless power transfer efficiency of NFC devices," Chungbook University Master Thesis (in Korean), 2012.
- [9] H. Y. Choi, "Design of high efficiency wireless power transfer system using magnetic resonance technology," Kyungbook University Master Thesis (in Korean), 2013.

유 영 기(Young Kee Ryu)

[정회원]



- 1989년 2월 : 한국과학기술원 산공학과 (공학석사)
- 1989년 2월 ~ 1992년 2월 : 삼성종합기술원 연구원
- 1996년 2월 : 한국과학기술원 자동화 및 설계공학과 (공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>

정전용량 전자펜, 전자기유도 전자펜, 입력장치, 영상처리, 광응용 기술

황 순 호(Soon Ho Hwang)

[정회원]



- 2022년 2월 : 한국과학기술원 경영전문대학원 (전문석사)
- 2017년 ~ 현재 : (주)플레이탱고 CSO
- 2020년 5월 ~ 현재 : 한국과학기술원 창업모임 에듀테크 간사

<관심분야>

에듀테크, 교육용 디바이스, 실감형 유아교육 매체

정 민 혁(Min Hyuk Jeong)

[준회원]



- 2022년 2월 : 선문대학교 정보통신공학과 (학사)
- 2022년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 대학원 정보통신공학과 (석사)

<관심분야>

정밀계측, 전자기유도센서, 마이크로프로세서 응용, EMR

김 은 호(Eun Ho Kim)

[정회원]



- 2009년 8월 : KAIST 기계공학과 (공학박사)
- 2009년 8월 ~ 2011년 12월 : KAIST 모바일하버 사업단 (연구교수)
- 2011년 12월 ~ 현재 : 한국생산기술연구원 수석연구원

<관심분야>

HRI, 딥러닝, 교육로봇, 교육용 인터페이스 장치, EMR