

태양광 발전에 의한 비접촉 방식 저 전력 에너지 전송회로에 관한 연구

A Study on Low Power Energy Transfer Circuits of the Non Contact Method by means of Solar Generation

황락훈¹ · 나승권² · 김종래² · 최기호³ · 김진선¹

¹세명대학교 전기공학과

²한국폴리텍대학 원주캠퍼스 의용공학과

³한국폴리텍대학 인천캠퍼스 전기제어과

Lark-Hoon Hwang¹ · Seung-Kwon Na² · Jong-Rae Kim² · Gi-Ho Choi³ · Jin-Seon Kim¹

¹Department of Electric Engineering, Semyung University

²Department of Biomedical Engineering, Korea Polytechnic College Wonju Campus

³Department of Electrical control, Korea Polytechnic College namIncheon Campus

[요 약]

본 논문은 무선 전력 전송에 관한 이론을 토대로 송신부와 수신부의 두 개의 평면 코일 사이의 자기 유도 원리의 다양한 조건 변화에 따른 무 접촉 무선 전력 전송에 관한 연구이다. 실험은 무 접촉 방식으로 전력을 전송 할 수 있는 송신부인 1차 측 코일과 수신부인 2차 측 코일 및 하프브리지 직렬 공진 컨버터를 적용한 무선 전원 장치의 송신부 회로와 수신부회로의 출력 전압 및 전원을 계산할 수 있는 환경을 마련해 주었다. 송신부의 유도 결합 공진 컨버터의 주 전원은 태양광 전지 모듈과 대체 광원으로 인공 광원(할로겐 램프)을 이용하여 전기 에너지로 변환 시켜 사용하였으며 태양광 발전으로부터 공급받은 24 V 전원을 무선 전력 전송 장치를 위한 입력 전원으로 사용하였다. 실험 결과, 전달 받은 전력은 수신부 회로에서 조명을 밝히거나 배터리를 충전하는데 사용된다. 그리고 송신부의 출력 측에서 측정을 통해 수신부의 입력 전력과 비교하여 무선 전력 전송 효율은 약 70~89%로 나타났다. 또한 이 논문을 위해서, 무선 전력 전송 시 이물질이 간섭하였을 때, ID 검증 방식과 전압의 위상차 비교 방법을 통해 효율성 실험을 하였다.

[Abstract]

In this paper, it is about to non-contact wireless power transmission according to various conditions of self induction principle between the two planar coils at a transmission unit and a receiving unit based on the theory of wireless power transmission. The experiments are occurred in order to power transfer of noncontact method from designed wireless circuits in the primely coil and secondary coil, and the applying to Half Bridge Resonant converter transmission unit and receiving unit. and that were able to prepared circumstance to calculate of the output voltage and power source. The main power of the inductive coupling the resonant converter at the transmission unit is converted electrical energy using the solar cell module and artificial light source (halogen lamp) as a replace light and received 24 V power supply from solar power was used a input power source for the wireless power transmission device. Experimental results, to received of power is used to illuminate the lighting and to charge the battery in receiving circuit. And the wireless power transmission efficiency measured at the output side of the transmission unit is obtained about 70% to 89% compared to input power of receiving unit. In addition, efficiency were tested through ID verification method and comparing the phase difference between the voltage when foreign substances interfere with wireless power transmission.

Key word : Wireless power transmission, Inductive Power Transfer, IrDA

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2014.18.1.35>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 14 January 2014; Revised 15 February 2014

Accepted 5 February 2014

*Corresponding Author; Lark-Hoon Hwang

Tel : +82-10-5487-5525

E-mail : lhwang@semyung.ac.kr

I. 서론

2011년 일본 원자력 발전소 사고 이후 친환경적인 요소의 에너지에 대한 중요성은 날이 갈수록 커지고 있다. 쉬운 설치와 적은 유지비용으로 환경을 파괴하지 않고 에너지를 생산하는 것은 인간이 궁극적으로 추구하는 미래 에너지의 조건이다.

빠르게 발전하고 있는 에너지-IT 컨버전스 기술은 고도로 발전된 IT기술을 에너지 분야에 접목하는 것으로 그린 IT(green IT)라는 개념으로도 진화하고 있다. 그린 IT의 대표적인 서비스로 무 전원 수동태그에 수록되어 있는 정보 판독을 위한 무선 에너지 공급 기술인 RFID(radio frequency identification)와 무선 전력 전송기술(WPT; wireless power transfer), 가시광통신기술(VLC; visual light communication), 전력 사용량 원격으로 검침 기술 AMI (advanced metering infrastructure), 한국전력과 수요자가 전력 사용량에 대한 정보를 교환할 수 있는 스마트그리드(smart grid)시스템 등이 있다.

무선전력전송을 위해 사용하는 무 접촉식 변압기는 변압기의 유도결합을 이용하여 전력을 전달하는 방식으로 접촉점 손상 및 접촉 불량 등의 문제를 제거할 수 있고, 습기가 많거나 가스가 누출 등의 위험한 환경에서 안전한 전력전달이 가능하다. 이로 인해 무 접촉 변압기 원리를 적용한 휴대 전화 배터리 충전기, 전기자동차 배터리 충전장치, 환자의 피부 손상 없이 이식된 인공 심장에 전력을 전달하는 에너지 전달 장치 등에 많은 연구가 이루어져 왔다.

하지만 무접점 전원 공급 기술이 산업전반에 쉽게 적용되지 못하고 있는 이유는 강한 자기장으로 인해 시장성 있는 최적의 전력 전달 특성에 쉽게 접근하지 못하고 있기 때문이다. 이로 인해 무선 전력 관련 제품은 아직 초기 단계이지만 앞으로 표준화를 통해 더욱 더 발전이 가능하며 향후 근거리 전력 송신과 위성을 통한 전력 송신이 가능할 것으로 예측되고 있다[1]-[3].

공진형 무선 전력 전송 기술은 전자파를 이용한 방법과 자기유도 방식의 약점을 극복한 기술로서 2 m 내외에서 전력을 약 50% 정도의 효율로 전송할 수 있는 기술이다. 공진형 무선 전력 전송 기술은 하나의 송신부에 여러 개의 수신부가 가능하므로 시스템 관리에서는 다중 전송에 대한 시스템 고려사항을 포함하여야 한다. 따라서 공진형 무선 전력 전송 시스템을 통하여 전력을 공급하고자 하는 경우 다음 4가지 단계를 거쳐야 한다.

첫째 선택 단계, 둘째 수신부 개수 단계, 셋째 아이디 인식 단계, 그리고 마지막으로 전력 전송 단계이다[4]-[7].

본 논문에서는 태양광 발전을 통해 생산된 24 V의 전력을 이용해 무선 전력 전송(wireless power transfer)을 구현하고 무선 전력 전송 효율을 실험하였다. 특히 셋째 단계인 아이디 인식 단계에서의 정상 또는 비정상 부하를 판별하는 방식으로 기존의 아이디 인식 방식과 전압 위상 차이를 통한 방식을 사용하여 실험하고 특성을 고찰해 보았다.

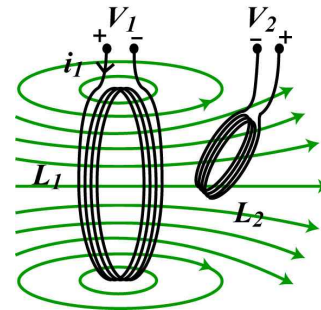


그림 1. 유도 기전력을 이용한 전력 전달 방법
Fig.1. Power transfer by electromotive force.

II. 무선 전력 전송의 이론

2-1 상호 유도와 무 접촉 전력 전송 특성

무 접촉식 무선 전력 전송 기술은 일반 변압기와 같은 원리이나 페라이트 재질의 자속 코어가 물리적으로 분리 되어 1차 측(송전부)과 2차 측(휴대용 기기 등)간의 접촉 없이 전원을 공급하는 기술이다.

코어부가 분리됨에 따라 외부로 누설되는 자기장의 양이 많아지고 전력전달 효율의 감쇄된다. 따라서 누설량을 최소화 하여야만 전력전달 효율의 감쇄를 줄이고 누설되는 자기장에 의한 주변기기의 영향을 줄일 수 있다. 그 구조는 그림 1과 같다.

$$V_2 = M \times \left(\frac{di_1}{dt} \right) \quad (1)$$

2차 측 전압 V_2 는 식 (1)과 같이 상호인덕턴스(M)와 1차 측 전류 변화량에 따라 결정 된다. 따라서 1차 측 코일이 형성하는 자기장 안에 2차 측 코일이 최대한 근접해야만 전력누설이 최소화 된다.

현재 제품에 적용 가능한 기술 수준의 1, 2차 측 간 간격은 전력량에 따라 차이가 있지만, 3 W 전력 기준으로 5 mm ~ 10 mm 정도를 한계점으로 보며 그 이상의 간격이 벌어질 경우에는 전력 전달은 이루어지나 전력 효율이 급격히 떨어지므로 실용성이 없다.

그림 2는 무 접촉 전력전달 방식에 있어서 가장 기본적인 유도 루프 커플러 등가회로이다. 1차 측 루프에 전류 I가 흐를 때 자기장 M이 발생하고 2차 측 인덕터에 유기되는 자기장은 에너지원을 발생시킨다. 이러한 방식을 IPT(inductive power transfer)라고 하며 보통 전력전자분야에 적용되는 기술이다.

IPT 이론을 적용한 무 접촉 전력 전송의 기본 회로인 그림 3은 송신부에 전력을 전송할 수 있는 컨버터와 제어부가 있고 전력 전송 루프에 송신 코일을 설치하며 수신부에는 수신 코일이라 하는 픽업 코일을 설치하고 수신된 전력을 안정된 전력으로 변환하는 전력 컨디셔너 회로 등이 있다.

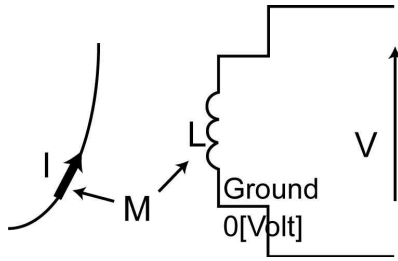


그림 2. 무 접촉 유도 루프 커플러 등가회로
Fig. 2. Inductive loop coupled equivalent circuit.
 I : loop current, M : magnetic field, V : inductive voltage

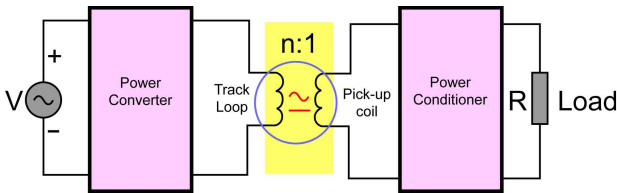


그림 3. 상호유도에 의한 무 접촉 전력 전송의 기본회로
Fig. 3. Non-contact power transmission by mutual induction on the basic circuit.

IPT는 송신부와 수신부가 절연되어 있으며 루프 코일과 픽업코일이 있는 전력 송신 및 수신부는 외부와 차폐되어야 효율이 증가하며 자기장에 의한 영향을 줄일 수 있다.

2-2 공진형 컨버터 시스템 구성과 특성

일반적으로 휴대기기는 DC 전원에서 동작하고 배터리 역시 DC 전원으로 충전해야 하므로 AC 전원을 DC로 변환해야 한다. 이때 리니어 또는 스위칭 방식으로 변환하게 되는데 그림 4는 리니어 변환 기본회로 및 출력전압 파형을 나타내고 있다.

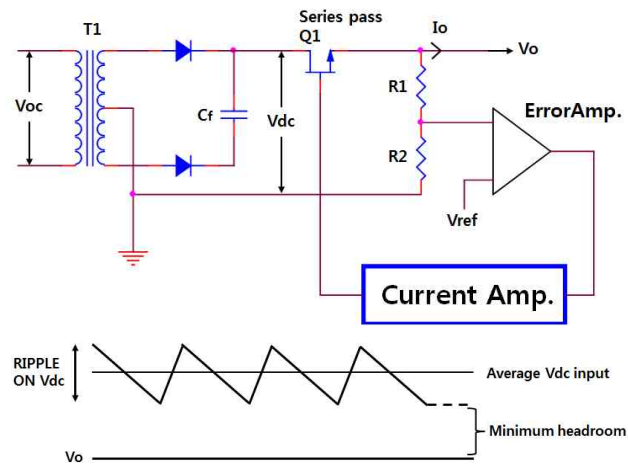


그림 4. Linear regulator 기본 회로 및 출력 전압 파형
Fig. 4. Linear regulator basic circuit and output voltage waveform.

리니어 방식은 제어가 용이하고 리플 등이 적은 반면 손실이 크고 발생하는 열을 방열처리 하기 위해 방열판 등 추가적인 요소가 추가로 필요하므로 전체 시스템 크기가 커지는 단점이 있다.

반면 스위칭 방식은 손실을 줄임으로써 효율도 높이고 열 발생이 상대적으로 적고 소자의 크기도 줄일 수 있어 전체 시스템 크기를 줄일 수 있다. 하지만 제어가 어렵고 제어 시 요구되는 부품 수도 증가하며 스위칭 시 리플이 발생하여 전자파를 고려해야 한다.

출력 전압과 최대 출력 전압은 식 (2)와 식 (3)과 같다.

$$V_{dc} = V_o + 2.5 + \frac{V_r}{2} \tag{2}$$

$$V_{dc(max)} = \frac{1 + 0.01 \times T}{1 - 0.01 \times T} \times \left(V_o + 2.5 + \frac{V_r}{2} \right) \tag{3}$$

스위칭 방식에는 공진형 컨버터 기술이 있는데 이는 효율이 높고 대용량에 적합한 기술이다. 공진형 컨버터는 전류 또는 전압 파형을 코일과 캐패시터로 공진시켜 사인파상으로 스위칭시키는 것이다. 그림 5(a)는 전류 공진형의 기본 회로이다.

가장 일반적인 회로 구성은 하프 브리지 방식이며 Q1이 On 하면 전류는 Lr과 직렬로 연결된 공진형 콘덴서와 Lr의 주파수로 공진하고 사인파상으로 된다. 전류는 D1을 통해 Tr의 1차

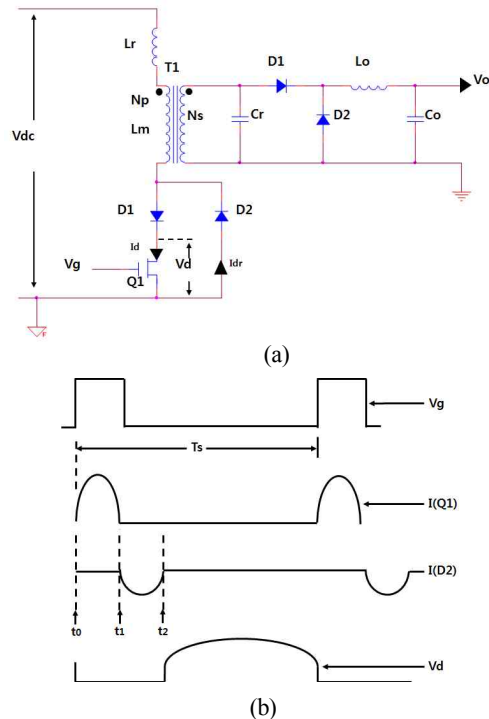


그림 5. Resonant forward converter 기본 회로 및 동작파형
Fig. 5. Resonant forward converter basic circuit and operation waveform.

측 권선 N_p 에도 흐르고 2차 측 권선 N_s 로 전력을 전달한다. 또한 Q_1 이 off하면 전류는 D_2 를 통해 흐르게 되고 이때도 N_s 로 전력이 반전되어 전달된다. Q_1 이 on, off를 반복하지만 전압 파형(V_d)이 on이면 Drain 전류는 0에서 상승하게 되어 스위칭 손실이 기존에 비해 매우 적게 된다. 그리고 전류가 공진 횟수에 따라 감소해 가고 마침내 0에 도달한 후 스위치를 off하게 되면 과도 상태에서도 스위치의 전압, 전류인 V_d, I_d 가 중첩되지 않아 스위칭 시 손실 발생이 기존에 비해 매우 적게 된다. 그림 5(b)는 공진포워드(resonant forward) 컨버터 기본 회로의 동작 파형을 보여 주고 있다.

그림 6에서 (a)는 스위칭 주파수가 공진 주파수보다 작을 (용량성) 때이고, (b)는 스위칭 주파수가 공진 주파수와 같을 (저항성) 때이며 (c)는 스위칭 주파수가 공진 주파수보다 클 (유도성) 때에 따른 각각의 특성을 나타낸 것이다.

2-3 무선 전력 전송 송신수신부 회로 설계

그림 7은 나선형 코일의 설계 구조이며 그림 8은 전력 효율 특성을 향상시키기 위해 Ritz wire를 사용하여 $\phi 30 \sim \phi 50$ 의 크기로 공진 주파수 관계식에 따라 5 uH ~ 15 uH의 인덕턴스 대역의 나선형 코일을 제작하였다.

무점접 전력 전달 시 1차 및 2차 측이 맞는 부분의 면적을 최대한 활용하는 것이 유리하므로 제품에 따라 코일의 크기는 달라질 수 있다.

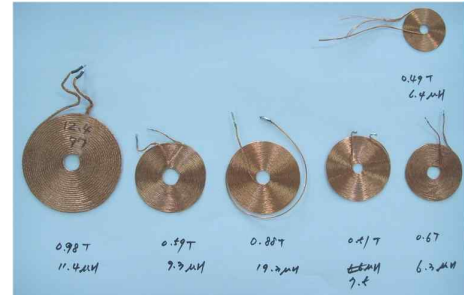


그림 8. 여러 종류의 코일
Fig. 8. Various coils for power transfer.

그림 9는 송신부 회로 설계 도면이다. 송신부 측 Tx 회로에서는 생산된 전기에너지를 공진형 컨버터를 통해 전력 변환하여 전송하며 정류기 회로는 하프 브리지방식으로 설계하였다.

그림 10은 무선 전력 전송을 위한 수신부 회로도로서 왼쪽에 있는 송신부 코일을 통해서 변환된 전력을 이용해 배터리를 충전하거나 LED 전구를 켜는데 사용하도록 설계하였다.

그림 11은 설계된 2개의 회로를 통해서 연구된 회로로서 아래쪽은 전력을 보내는 송신부, 위에 쪽은 전력을 받아들이는 수신부이다.

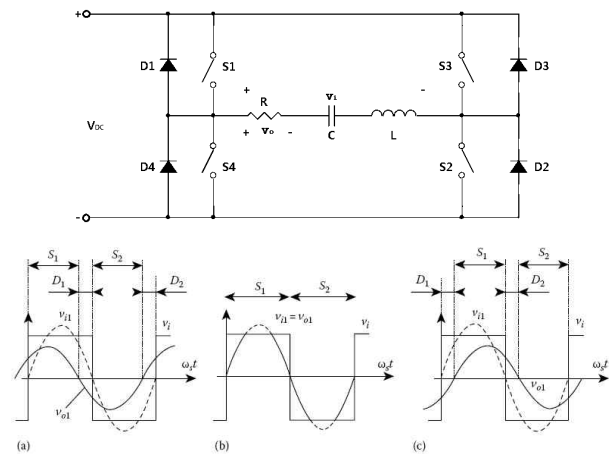


그림 6. 스위칭에 따른 공진형 컨버터 회로 및 동작파형
Fig. 6. Resonant converter circuit and operation waveform.

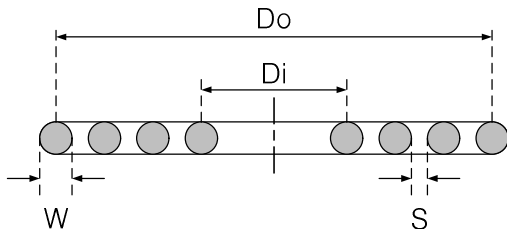


그림 7. 나선형 코일 설계 구조
Fig. 7. Spiral coil design structure.

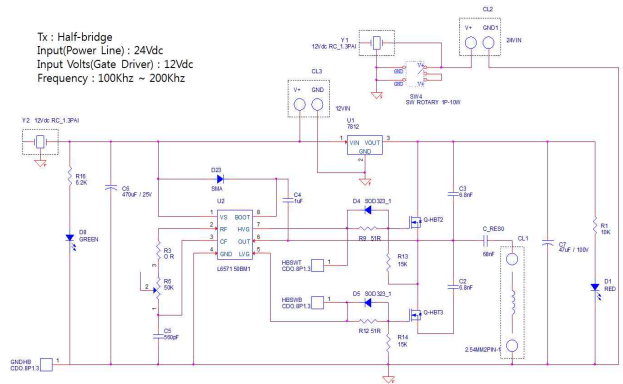


그림 9. 무선 전력 전송 송신부 회로도
Fig. 9. Wireless power transfer Tx circuit diagram.

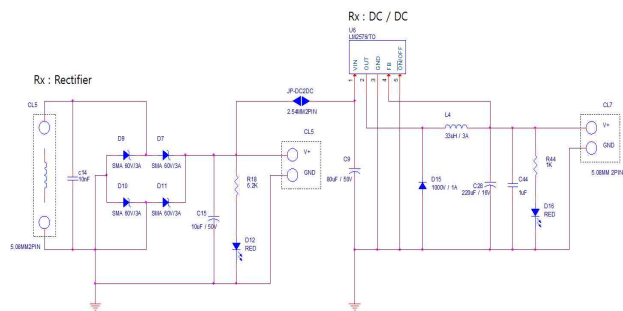


그림 10. 무선 전력 전송 수신부 회로도
Fig. 10. Wireless power transfer Rx circuit diagram.

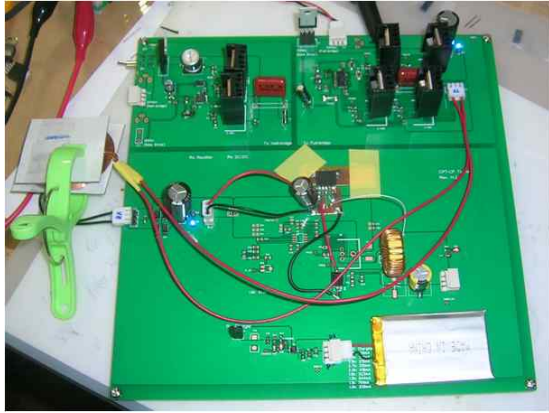


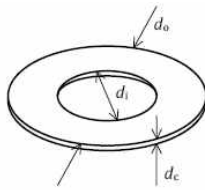
그림 11. 무선 전력 전송 회로 보드
Fig. 11. Wireless power transfer circuit board.

에너지를 유도적으로 전달하는 무접점 변압기는 자속이 지나는 경로에 상대적으로 큰 공극이 위치하여 자기저항이 증가되고 코어 내부의 턴 당 자속 밀도가 낮게 된다.

또한 유기된 자기 인덕턴스에서 누설 인덕턴스가 크게 발생하여 상대적으로 낮은 자화 인덕턴스를 갖게 되고 변압기의 1차 측과 2차 측의 자기적인 결합 정도를 나타내는 결합계수가 낮아진다. 이로 인해 1차 측 순환 전류가 증가하고 시스템 도통 손실이 증가하여 누설성분에 의한 에너지 손실이 커지므로 낮은 시스템 효율을 나타내게 된다.

2차 측으로 쇄교 자속을 높이기 위해서는 코일에 차폐지(Shield sheet)를 부착하여 자로를 만들어 준다. 차폐지로 스위칭 주파수에서 투자율이 높고 내부저항이 낮은 것을 사용하면 손실과 누설되는 자속이 줄어 전체 시스템의 효율을 높일 수 있다.

차폐지는 데이터 시트에서 동작 주파수를 먼저 선정하고 그때의 투자율(μ')과 내부저항(μ'')을 고려하여 선정한다.



Parameter	Symbol	Value
Outer diameter	d_o	43 ± 0.5 mm
Inner diameter	d_i	20.5 ± 0.5 mm
Thickness	d_c	2.1 ± 0.5 mm
Number of turns per layer	N	10
Number of layers	-	2

그림 12. 1차측 코일 사양 (A1 타입)
Fig. 12. Tx coil specification (A1 type).

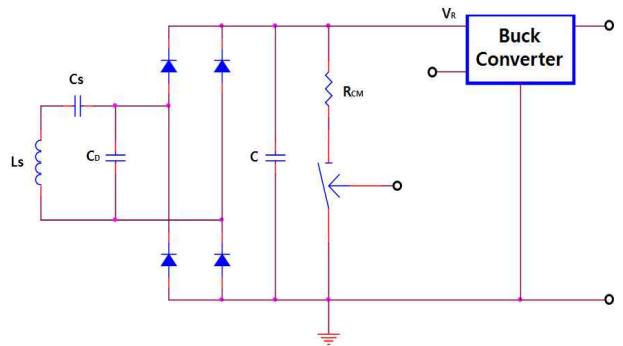


그림 13. 공진형 감지 방식
Fig 13. Resonance type detection method.

2-4 정상부하/비정상부하 감지(IrDA 방식)

현재 무선 전력 전송장치 관련 부하 감지방법에는 자기센서형, 공진형, IrDA형 등이 연구되고 있으며 본 논문에서는 비교적 에러가 적고 효율이 좋은 IrDA형을 적용하였다. 그림 13은 일반적으로 연구된 공진형 감지 방식이다.

공진형 방식은 정상부하/비정상부하를 판별하기 위해 수신부의 코일 값을 감지하여 공진 주파수를 계산하는 방법으로 인식 여부에 따라 에너지 전달을 결정하도록 되어 있다.

이와 달리 IrDA형은 ID(identification)값을 인식하고자 1차 측에 2차 측이 근접하게 되면 2차 측에 전류와 전압이 유기되어 MCU가 동작하게 된다.

ID는 2차 측 MCU에 프로그램된 16진수 값을 UART 단자와 연결된 IrDA(Tx)를 통해 발생시킨다. 2차 측에서 발생한 ID는 1차 측 MCU UART 단자에 연결된 IrDA(Rx)를 통해 1차 측에 전달하게 되고 1차 측 MCU는 2차 측으로부터 입력된 ID를 프로그램화 된 ID와 비교하여 같으면 1차 측에서 2차 측으로 에너지 전달하고 그렇지 않을 경우 에너지 전달을 중단한다.

1차 측에 2차 측이 근접하게 되면 2차 측에 전류와 전압이 유기되어 MCU가 동작하게 된다. MCU에 전원이 인가되면 ID가 발생되고 이때 부하에 전류가 흐르도록 disable 단자가 있는 IC를 사용하였다.

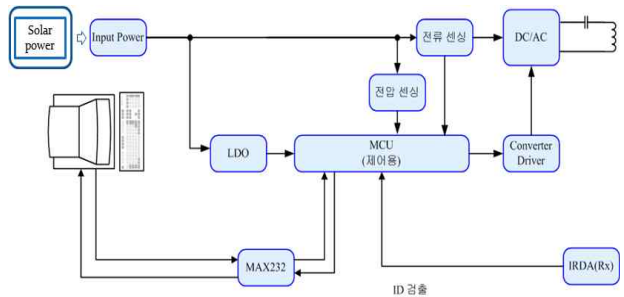


그림 14. 1차 측 Block diagram.
Fig 14. Tx Block diagram.

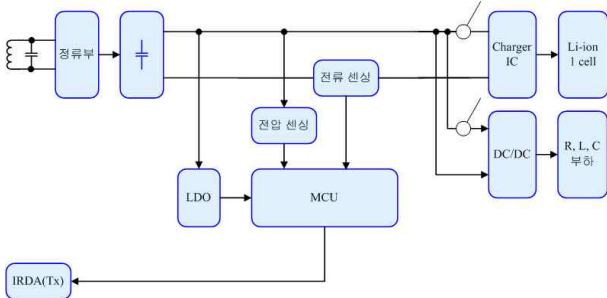


그림 15. 2차 측 Block diagram
Fig 15. Rx Block diagram

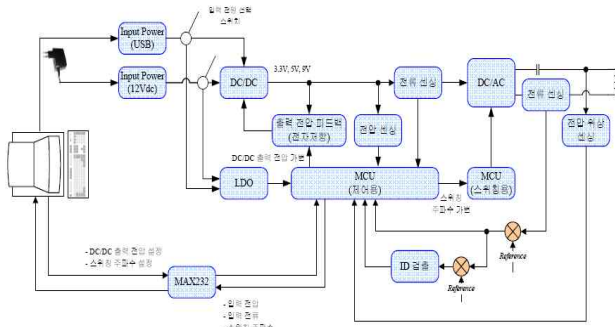


그림 16. ID 검출 수신측 Block diagram.
Fig. 16. ID Detection Block diagram.

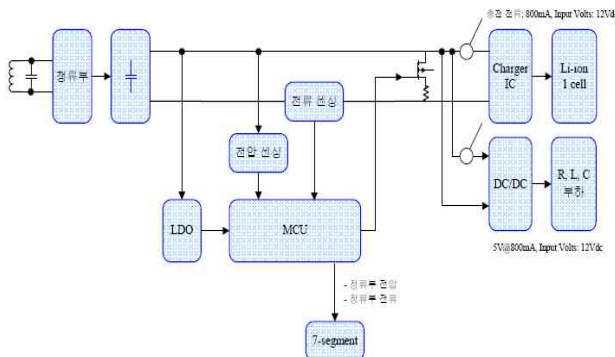


그림 17. ID 발생 송신측 Block diagram.
Fig 17. ID generation Rx Block diagram.

2차 측 MCU에서 ID를 발생시키면 그 신호에 따라 정류부 양단에 연결된 MOSFET을 on/off 하게 된다. 이것은 2차 측 코일을 open 또는 20 Ω 또는 30 Ω 저항에 미세 전류를 순간적으로 흐르게 하여 inductive coupling 되어 있는 1차 측의 전류에도 영향을 주게 된다.

1차 측에서는 2차 측 ID 신호에 따라 미세 전류가 변하게 되는데 이것을 비교기를 사용하여 2차 측에서 발생한 ID를 검출하고 이 신호를 MCU에서 정상 또는 비정상 부하로 판별하는데 사용한다. 그림 16과 그림 17은 ID 송수신의 block diagram을 보여준다.

표 1. 무 접촉 방식을 이용한 무선 전력 전송 효율

Table 1. Efficiency of wireless power transfer by non-contact

연구 번호	1차측			2차측			효율
	전압 V	전류 mA	PW	전압 V	전류 mA	PW	
1	24.0	129	3.1	22.32	100	2.2	72%
2	24.0	182	4.4	17.16	200	3.4	78%
3	24.0	236	5.7	16.10	300	4.8	85%
4	24.0	300	7.2	15.48	400	6.2	86%
5	24.0	354	8.5	14.96	500	7.5	88%
6	24.0	408	9.8	14.54	600	8.7	89%
7	24.0	470	11.3	11.30	700	9.8	87%
8	24.0	521	12.5	13.43	800	10.7	86%
9	24.0	569	13.7	12.93	900	11.6	85%
10	24.0	614	14.7	12.20	1000	12.2	83%

(a)

연구 번호	1차측			2차측			효율
	전압 V	전류 mA	PW	전압 V	전류 mA	PW	
1	24.0	96	2.3	16.56	100	1.6	72%
2	24.0	120	2.9	10.87	200	2.2	75%
3	24.0	144	3.5	8.96	300	2.7	77%
4	24.0	174	4.2	8.12	400	3.2	78%
5	24.0	201	4.8	7.78	500	3.9	81%
6	24.0	229	5.5	7.67	600	4.6	84%
7	24.0	263	6.3	7.56	700	5.3	84%
8	24.0	293	7.0	7.52	800	6.0	86%
9	24.0	325	7.8	7.45	900	6.7	86%
10	24.0	359	8.6	7.4	1000	7.4	86%

(b)

III. 전체 시스템의 실험 결과 및 고찰

본 연구는 1차 측 코일과 2차 측 코일간의 간격을 3 mm, 주파수를 122 kHz, 전압을 24 V로 고정시키고 입력 전류를 변화하여 무선 전력 전송을 실험하였다. 표 1의 (a)는 개발된 회로를 통한 실험 결과이며 (b)는 1차 측 코일로 외경의 지름이 43 mm인 24 μH Ritz 코일을 제작하여 사용하였다. 2차 측 코일은 외경 지름이 32 mm의 23.8 μH 코일을 사용하였다.

실험 결과를 통해 1차 측에서 전송된 전력을 기준으로 2차 측에서 출력단자를 통해 전압, 전류, 전력을 계측하여 표 1 (a)에 나타내었다. 또한 측정된 값을 통하여 계산된 효율을 표 1 (b)에 나타내었다.

약 3 mm의 공간 사이에서 무선 전력 전송의 효율은 24 V, 122 kHz를 기준으로 약 70~89%를 나타냈다.

실험 결과를 분석해 보면 가변 전류를 통해 약 8~10 W의 전력을 흘려주었을 때, 효율이 약 86 ~ 89%로 가장 높게 나타났다.

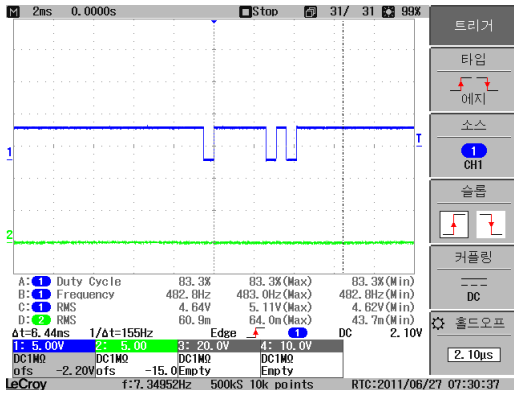


그림 18. 1차 측 MOSFET gate 신호
Fig 18. Tx MOSFET Gate Signal.

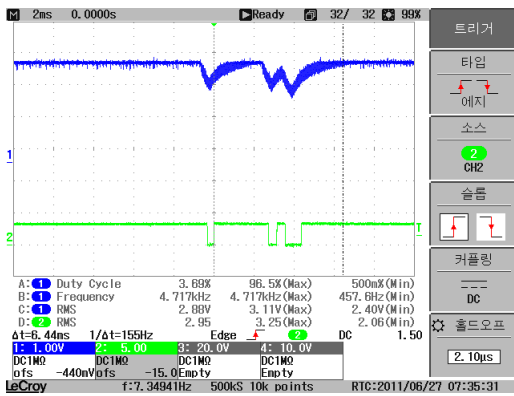


그림 19. 1차 측에서 ID 검출 신호 확대
Fig 19. Tx ID detection signal expansion.

그림 18과 그림 19는 정상부하와 비정상 부하에서 출력 파형에 대하여 보여준다. 그림 18은 정상 부하가 무선 전력 전송에 간섭하였을 때를 보여주며 검출 신호와 파형에 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다. 그와 반대로 그림 19는 비정상 부하가 전력 전송에 간섭하여 비정상 부하인 이물질이 감지된 경우, ID 검출 신호가 불규칙하게 나오는 것을 확인 할 수 있다.

무선 전력이 전송되고 있는 두 코일 사이에는 동일한 전류에서 정상부하와 비정상부하 간에 나타나는 위상 차이가 있음을 알 수 있었으며 이를 이용하여 정상부하와 비정상부하를 판별 할 수 있었다.

첫 번째로 대기상태의 1차 측 코일에 메탈 계열의 부하가 근접하게 되면 상호 인덕턴스가 발생하여 코일의 임피던스가 변하고 LC 공진형 컨버터의 공진점이 전류가 커지는 방향으로 이동시키는데 이러한 전류의 변화를 통해 2차 측 부하의 크기를 알 수 있다.

두 번째로 위상의 변동을 감지하여 두 가지 값의 레벨을 비교하여 정상 부하 인지 비정상 부하 인지를 판단할 수 있다.

또한 2차 측 배터리가 충전됨에 따라 배터리 임피던스는 커지고 부하가 변화함으로써 위상과 전류로써 선형적인 부하변동

을 인식하고 부하가 대기상태 수준으로 줄어들었을 때 만 충전으로 판단하여 LED 불빛으로 만 충전 여부를 1차 측에서 표시 할 수 있다. 위의 실험에서 동일한 전류에서 정상부하와 비정상부하 간 나타나는 위상 차이의 특성변화가 크다는 것을 알 수 있었으며 이를 이용하여 다음과 같이 정상부하와 메탈 계열의 비정상 부하를 통해 코일 사이에 전력을 보내는 것을 방해함으로써 실험하였다.

그림 20은 부하가 없을 때 정상 부하와 비정상 부하를 근접시켰을 때 나타나는 주파수 위상의 특징에 대하여 보여준다. 그림 20에서 상단의 사진은 전력 전송이 시작되기 전의 대기 상황이다. 오른쪽 파형 그래프를 보면 공진 주파수의 파형과 스위칭 주파수의 파형이 크게 다르지 않다는 것을 알 수 있다.

그림 21은 정상 부하가 간섭 하였을 때 위상과 비정상 부하인 이물질이 간섭하였을 때 나타나는 위상의 차이를 실험한 그

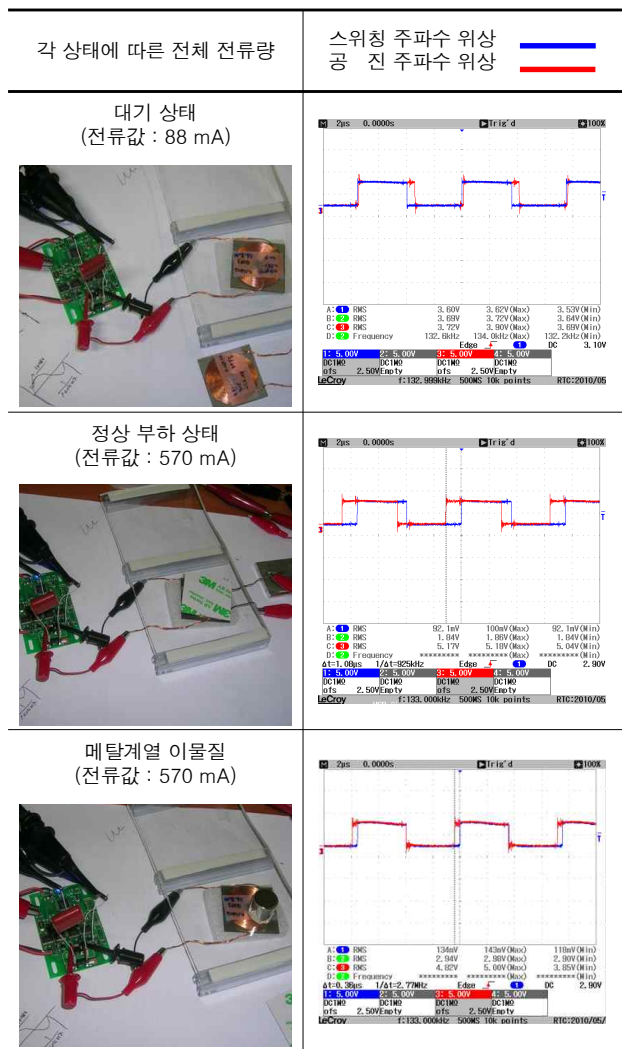


그림 20. 정상 부하, 비정상 부하 전압 위상 특성 파형
Fig 20. Voltage phase characteristic wave in normal / abnormal loads.

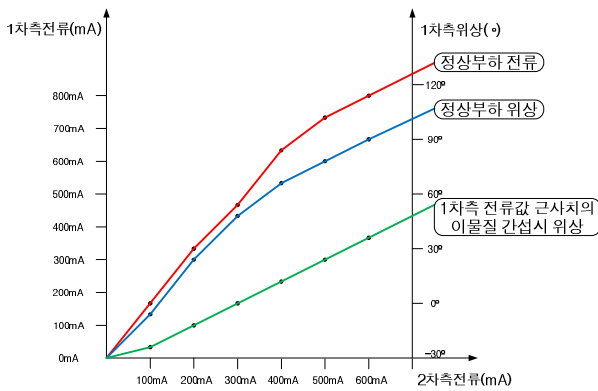


그림 21. 정상부하와 비정상부하 간 전압 위상차 실험에서 특성 곡선

Fig 21. Characteristic curve in voltage phase differences experiment between normal and abnormal Loads.

래프이다. 보이는 바와 같이 정상 부하를 간섭하였을 경우와 비정상 부하를 간섭하였을 경우 확인한 위상의 차이를 실험을 통해 확인 할 수 있었다.

이상의 실험을 통하여 다음과 같은 결과 고찰을 얻을 수 있었다.

① 태양전지를 전력원으로 실험하여 모바일 기기 및 휴대형 기기의 무선충전 전력원으로 태양전지를 사용할 수 있음을 확인하였다.

② 무선 전력 전송 회로에서 송신부와 수신부에 Ritz 코일을 적용하였을 때 주파수 및 전류 변환에 따른 전송 효율을 가장 증가시킬 수 있었다.

③ Ritz 코일의 값을 정의하고 $\phi 0.2$ 코일 6가닥으로 Ritz 와이어를 제작하고 그것으로 나선형 Ritz 코일을 제작하여 계산 값과 동일한 수치를 얻을 수 있었으며 전류밀도가 증가로 전력 전달에 유리함을 알 수 있었다.

④ 실제 전력 전송 모듈의 구조에 따라 코일 면에 페라이트 차폐지를 부착할 때 전력 전송 효율이 증가하는 특성을 보였다.

⑤ IrDA 방식을 통해 정상부하와 비 정상부하를 판단하여 에너지를 전달함으로써 IrDA를 적용할 수 있는 분야에서는 간단하게 구현할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 1차 측 전력원인 태양전지 모듈과 하프 브리지 공진형 컨버터를 이용한 무선 전력 전송 회로를 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 의 크기로 제작하였으며 각각의 리액턴스 특성을 갖는 여러 종류의 Ritz 코일을 제작하여 전기적 특성을 조사하였다.

실제 122 kHz에서 구동 가능한 무선 전력 전송 보드를 제작하였으며 제작된 무선 전력 전송 회로에서 24 V의 전력원을 사용하여 다양한 전류를 입력한 결과 약 70~89%의 효율을 얻을 수 있었다.

또한 이물질 감지를 통한 전압 위상 차이 실험에서 정상 부하가 간섭했을 때보다 이물질이 간섭 하였을 때 위상 차이가 크게 나타나는 것을 관찰 할 수 있었으며 이를 통해 비정상 부하를 판별할 수 있다는 결론을 얻었다.

감사의 글

본 연구는 2013년 세명대학교 교내연구비 지원에 의해 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- [1] J. S. Kim, Contactless battery pack charging device, ChungPaEMT, Patent 2002 - 1020020062558
- [2] R. Puers and K. V. Schuylenbergh, *Inductive Powering: Basic Theory and Application to Biomedical Systems*, New York, NY: Springer, 2009
- [3] A. P. Hu, *Wireless/Contactless Power Supply*, Saarbrucken, VDM, 2009
- [4] Kazimierczuk and K. Marian, *Pulse-width Modulated DC-DC power Converters*, New York, NY: John Wiley & Sons Ltd, 2008
- [5] B. K. Bose, *Modern Power Electronics and AC Drives*, New York, NY: Prentice Hall PTR USA., 2002
- [6] K. Billings and A. I. Pressman, *Switching Power Supply Design* 3rd ed., New York, NY: McGraw-Hill, 2009
- [7] J. D. Irwin, *The Industrial Electronics Handbook* 2nd ed., New York, NY: CRC Press(IEEE Press), 2011



황 락 훈 (Lark Hoon Hwang)

1981년 2월 :명지대학교 전기공 학과 (공학사)
1983년 8월 : 명지대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)
1989년 8월 : 명지대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
1988년 3월 ~ 1991년 2월 충남전문대학 전기과 (현, 대덕대학 전기과) 조교수
1991년 3월 ~ 현재 세명대학교 전기공학과 교수
※ 관심분야 : 전동기 제어, 대체 에너지 분야, 에너지 변환, 반도체 시뮬레이션, 전력전자 응용분야



나 승 권 (Seung Kwon Na)

1999년 2월 세명대학교 전기공학과 (공학사)
2001년 2월 세명대학교 대학원 전기전자공학과 (공학석사)
2008년 2월 세명대학교 대학원 전기전자공학과 (공학박사)
1981년 7월 ~ 1988년 4월 부산 위생 (한방) 병원
1988년 5월 ~ 1994년 8월 한국수자원공사
1994년 9월 ~ 현재 한국폴리텍대학 원주캠퍼스 의용공학과 교수
※ 관심분야 : 의용공학 및 대체 에너지 분야, 에너지 변환, 전력전자 응용분야



김 진 선 (Jun Seon Kim)

2009년 2월 : 세명대학교 전기공학과(공학사)
2013년 2월 세명대학교 대학원 전기전자공학과(공학석사)
2013년 2월 세명대학교 대학원 전기전자공학과(박사과정)
1995년 7월 ~ 현재 : ㈜청파이엠티 대표이사
※ 관심분야 : 의용공학 및 대체 에너지 분야, 전기기기, 전력전자 응용분야 등



최 기 호 (Gi Ho Choi)

2008년 2월 : 세명대학교 대학원 전기전자공학과(공학석사)
1981년 10월 : 한국폴리텍대학 남인천 캠퍼스 전기제어과 조교수
2008년 2월 ~ 2013년 12월 : 한국폴리텍대학 원주캠퍼스 전기제어과 부교수
2014년 1월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 남인천캠퍼스 전기제어과 부교수
※ 관심분야 : 소방설비, 승강기, 전기기기, 전력전자 응용분야 등



김 종 래 (Jong Rae Kim)

1998년 2월 세명대학교 전기공학과(공학사)
2000년 8월 : 세명대학교 대학원 전기전자공학과(공학석사)
2008년 2월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 원주캠퍼스 의용공학과 초빙교수
※ 관심분야 : 의용공학 및 대체 에너지 분야, 전기기기, 전력전자 응용분야 등