

MF 주파수대역 무선전력전송에서 매칭회로타입에 따른 매칭특성에 대한 연구

김대욱*, 양대기*, 안영오*, 임은석*, 최상돈*, 최대규*, 정윤도**
 (주)뉴파워플라즈마*, 수원과학대학교**

Study on matching characteristic according to impedance matching circuit type at MF Frequency band Wireless power transfer

Dae Wook Kim*, Dae Ki Yang*, Young Oh An*, Eun Suk Lim*,
 Sang Don Choi*, Dae Kyu Choi*, Yoon Do Chung**
 New Power Plasma CO.LTD*, Suwon Science College**

ABSTRACT

기본적으로 전력전송개념에서 최대의 전력이 전달하기 위해서는 전력전송단과 부하단사이의 임피던스를 맞추어 주어야 최대의 전력이 전달된다. 무선전력전송 역시 RF Source와 송수신 코일간의 임피던스를 맞추어야 최대의 전력전달과 효율을 기대할 수 있다. 따라서 송수신 코일과 부하간에 임피던스 매칭은 필수적으로 필요하다. 매칭이 원활하지 않을 경우 RF Source에 반사전력이 반사되어 심각한 손실을 발생할 수 있으며, 수신부의 부하단에 최대로 전력이 전달되지 않으며 전체 시스템 효율이 나빠지게 된다. 임피던스 매칭회로 타입에는 여러가지 타입이 사용되는데 대표적으로 L type, T Type, π type이 일반적으로 사용된다. 본 연구에서는 L type, T type, π type 방식을 이용하여 각 타입별 매칭범위와 매칭특성에 대한 기초실험을 수행하였다

1. 서 론

MF(Middle Frequency) Source에서 발생된 전력을 송신부 안테나에서 수신부안테나로 전달할 때 공진을 이용하여 전력을 전달하는데, 송신부 임피던스와 수신부 임피던스가 일치될 때 전송효율은 극대화된다^[1]. 이때 일반적으로 두 회로를 결합할 경우 제 1 회로의 출력 단자에서 같은 회로의 입력 단자를 본 임피던스를 $Z1=R1+jX1$, 제 2 회로의 입력 임피던스를 $Z2=R2+jX2$ 로 했을 경우 두 임피던스 사이에 공역(共役)의 관계, 즉 $R1=R2$, $X1= X2$ 가 있으면 손실 최소, 출력 최대인 조건이 얻어진다^[2]. 이러한 조건을 맞추어 주는 것이 Matching Network이다. Matching Network는 부하단의 저항(R)에 맞도록 전류, 전압의 크기를 조절하고 부하단과의 Reactance(L or C)가 상쇄되도록 전류위상을 조절하는 것이다. 이러한 Matching Network의 회로방식은 L type, T type, π type 이 있는데, 각각의 방식에 따라 고유의 특성이 있으며, 전송효율도 달라질 수 있다. 본 논문에서는 MF 대역에서 자기유도방식을 이용한 무선전력전송에서 매칭네트워크가 없을 때와 L, T, π Type의 매칭 네트워크를 사용하였을 때의 매칭특성에 대해 기초적인 실험을 수행하였다.

2. 본 론

2.1 임피던스 매칭 네트워크를 적용한 시스템

제한하는 시스템에서는 그림 1과 같이 등가회로로 나타낼 수 있으며, Matching Network 부분이 회로타입에 따라 틀려지게 된다. 그림 2는 각 Matching Network에서 각 타입별 회로를 나타내었다.

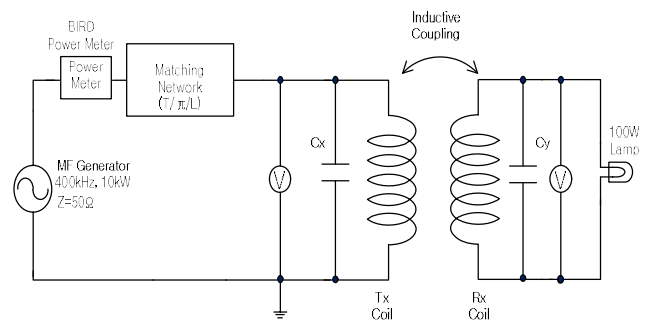


그림 1 실험 구성 등가회로

Fig. 1 Circuit diagram of the experimental circuit

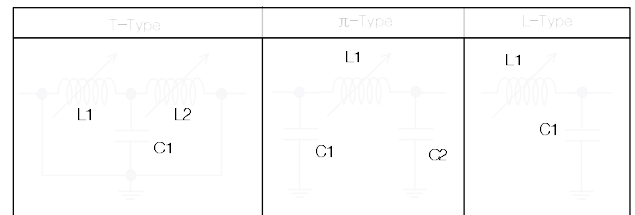


그림 2 Matching Network 각 타입별 회로

Fig. 2 Each type circuit for Matching Network

2.2 실험 및 고찰

전체 실험은 그림 3과 같이 구성하였다. MF Generator의 출력을 측정하기 위해 MF POWER METER(MODEL: 4421, BIRD Inc)을 이용하여 순방향 전력과 역방향 전력을 측정하였다. 수신코일에 연결된 부하원으로는 100W 백열전구를 사용하였다. 표 1에 실험에 사용된 송수신 코일의 사양과 매칭 네트워크에 사용된 파라미터 값을 나타내었다. 송/수신부 코일의 인덕터 값과 임피던스는 HIOKI LCR Meter(MODEL: 3532 50)로 400kHz의 주파수에서 측정하였다. Matching Network에 사용된 가변 인덕터는 L1은 30uF 120uF까지 가변되며, L2는 1 30uF까지 가변된다.

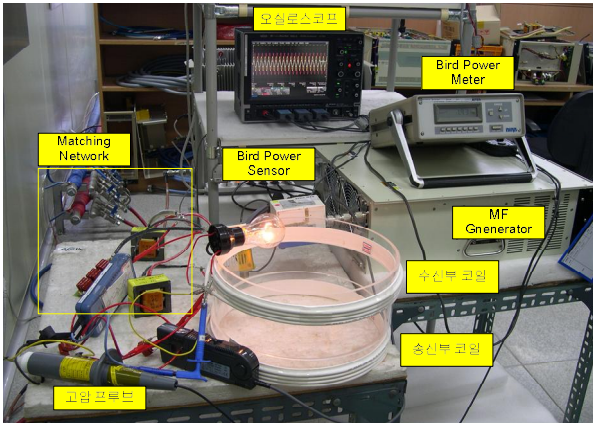


그림 3 실험 구성
Fig. 3 Experimental Setup

표 1 실험 구성 사양
Table 1 Experimental Parameter

Parameter	Value
송신부 코일 인덕턴스, 임피던스 (@400kHz)	9.97uH, 25Ω
수신부 코일 인덕턴스, 임피던스 (@400kHz)	10.33uH, 25.9Ω
송/수신부 코일 지름	300mm
송/수신부 코일 턴 수	4 turn
송/수신부 코일 공진 커패시터 (Cx, Cy)	20nF
매칭 네트워크 L1, L2	L1: 30uF~120uF L2: 1uF~30uF
매칭 네트워크 C1, C2	C1: 3.4nF, C2: 3.4nF

가변인덕터의 인덕터값을 바꾸는 방법에는 여러 가지가 있지만, 본 논문에서는 간단히 페라이트 코어의 공극값을 조정하여 인덕터 값을 가변하는 방식을 채택하였다. 그림 3과 같이 실험은 송신코일과 수신코일 간격을 90mm를 띄운 상태에서 마주보게 하고, Matching Network를 사용하지 않을 경우와 Matching Network를 사용했을 때 송신부의 순방향전력과 역방향전력을 측정하였고, 송신단 전압과 수신단 전압을 측정하였다

표 2 Matching Network 적용 전/후 실험 결과
Table 2 Result of Before/After Matching Network

	RF Generator			송신단 전압[V]	수신단 전압[V]
	Set [W]	FWD [W]	REV [W]		
Case 1	100	111	75	115	51
Case 2	100	111	49	141	62
Case 3	100	97	40	160	70
Case 4	100	101	1.9	201	91

Case 1: Matching Network 없을 때
Case 2: L type Matching Network
Case 3: π type Matching Network
Case 4: T type Matching Network
* 송신 코일 수신 코일 거리: 90mm

표 2의 실험결과에서 보여지듯이, Matching Network를 적용하지 않았을 때 RF Generator의 반사전력이 75W로 가장 높았으며, 수신단 코일에 연결된 부하전압도 51V로 가장 낮았다. 반면 L type과 π type, T Type을 적용한 경우에는 T Type이 가장 전송효율이 높음을 알 수 있었다. 물론 회로타입에 따라 가변인덕터의 값은 최대전력이 전달될 수 있도록 조정하였다. 그림 4 1은 Matching Network를 적용하지 않았을 때의 파형이며, 그림 4 2는 T type Matching Network를 사용했을 때의 파형을 나타내었다.

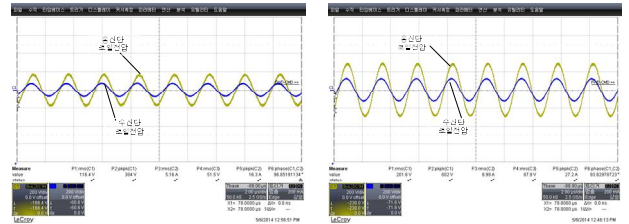


그림 4-1 No Matcher 그림 4-2 T-type Matcher
그림 4 송수신 코일 전압
Fig 4 Tx/Rx Coil voltage waveform

이때 가변 인덕터의 값은 L1=108uF, L2=7.6uF 일 때 최적의 매칭상태가 되었다.

3. 결 론

RF Power를 최적으로 전송하기 위해서는 매칭시스템이 필수적으로 적용되어야 하며, RF Power를 사용하는 반도체공정 장비에서는 필수적으로 Matching Network이 적용되어지고 있다. 무선전력전송도 RF전력을 무선으로 최대의 전력이 전달되는 것이 핵심사항이다. 본 논문에서는 이러한 Matching Network의 회로 방식중 L, T, π type을 소개하고 이에 따른 전송효율을 살펴보았다. 무선전력전송이 Matching Network 적용시 전송효율이 증가함을 확인하였으며 회로방식에서는 T type 회로가 전송효율이 상대적으로 높음을 확인할 수 있었다. 본 논문에서는 송신단부에만 matching Network를 적용하였는데, 향후에는 수신단에도 적용하여 전송효율을 극대화하는 실험을 하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 김대욱, 임은석, 최상돈, 이종식, 최대규, 정윤도, “가변 임피던스 정합기를 이용한 자기유도방식의 무선전력전송에서의 최적전송에 대한 연구”, 전력전자학술대회논문집, pp. 508 509, 2013.7
- [2] Todorow, Valentin. "Impedance Matching and Matching Networks." (2009).