

# TCR을 이용한 소나용 매칭회로 설계

최승수<sup>1</sup>, 살라 마흐디 타질<sup>1</sup>, 김진영<sup>1</sup>, 김인동<sup>1</sup>, 이승우<sup>2</sup>, 이학수<sup>2</sup>, 문원규<sup>3</sup>  
 부경대학교 전기공학과<sup>1</sup>, 국방과학연구소<sup>2</sup>, 포항공과대학교 기계공학과<sup>3</sup>

## Design of Matching Circuit for Sonar system using Thyristor-Controlled Reactor

Seung-Soo Choi<sup>1</sup>, Salah Mahdi Thajeel<sup>1</sup>, Jin-Yung Kim<sup>1</sup>, In-Dong Kim<sup>1</sup>,  
 Seung-woo Lee<sup>2</sup>, Hauksue Lee<sup>2</sup>, and Wonkyu Moon<sup>3</sup>  
 Pukyung National University<sup>1</sup>, Agency For Defence Development<sup>2</sup>,  
 Pohang Univ. of Science and Technology<sup>3</sup>

### ABSTRACT

매칭 회로는 유도성전력을 소나시스템에 공급함으로써 에너지 손실과 소나시스템의 크기를 줄일 수 있다. 이 논문에서는 적응 정합회로라고 불리는 가변인덕터로 구성된 기본적인 매칭 회로의 토폴로지를 제시하였다. 전력회로는 소나시스템에서 사용되는 범위의 주파수와 전력에 기반하여 설계되었다. 또한 제시된 정합회로의 특성을 시뮬레이션을 통해 증명하였다.

추가하면 전압의 크기와 관계없이 무효전력을 보상할 수 있다. 하지만 주파수가 변하는 경우에는 인덕터 또한 주파수에 맞게 변화되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 전압의 크기 뿐만 아니라 주파수의 변화에 따라서도 무효전력을 보상할 수 있는 매칭 회로를 제안한다.

### 1. 서론

소나시스템은 소리 및 잠수함, 어뢰, 기뢰, 물고기 그리고 다른 물체를 추적하고 선박 사이의 통신 및 해저 조사 등 군사 및 민간 시스템을 위해 널리 사용되어 왔다.

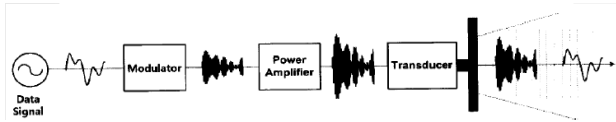


그림 1 소나시스템의 블록 다이어그램

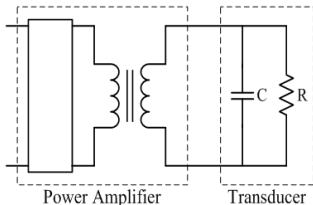


그림 2 소나시스템의 트랜스듀서 등가회로

그림 1은 전체 소나시스템의 개요도이다. 그리고 그림 2는 소나 트랜스듀서의 등가회로이다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 트랜스듀서는 리액턴스 성분으로 인하여 역률이 매우 낮다. 따라서 무효전력을 보상 할 수 있는 장치가 필요하다.

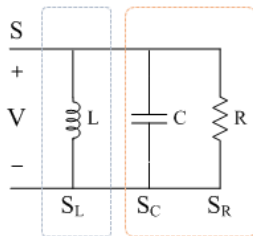


그림 3 기본적인 매칭 회로

그림 3은 인덕터로 구성된 간단한 매칭회로를 나타낸다. 트랜스듀서에 병렬로  $\frac{1}{\omega L} = \omega C$  의 조건을 만족하는 인덕터를

### 2. 제안하는 적응 매칭 회로와 설계

#### 2.1 제안하는 적응 매칭 회로

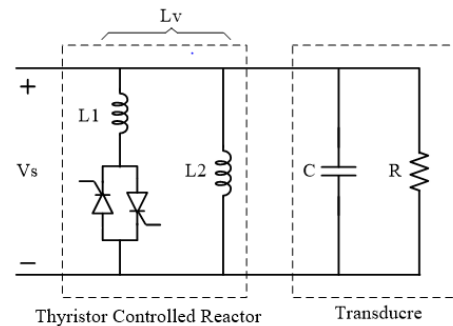


그림 4 제안하는 적응 매칭 회로

그림 4는 제안하는 적응 매칭 회로 TCR(Thyristor Controlled Reactor)과 트랜스듀서를 나타낸다. TCR은 사이리스터를 이용하여 매칭회로의 인덕턴스를 제어 할 수 있다.

따라서 TCR은 입력전압의 주파수가 변화되더라도 트랜스듀서의 무효전력을 보상 할 수 있다.

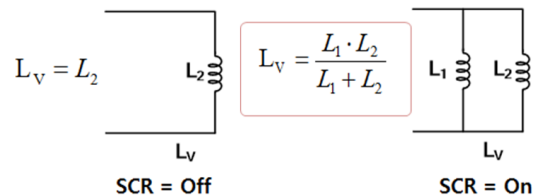


그림 5 스위칭 상태에 따른 매칭회로의 인덕터

그림 5는 SCR의 스위칭 상태에 따른 매칭회로의 전체 인덕터를 나타낸다. SCR이 off 되어있는 경우 TCR의 인덕터 L1은 동작하지 않으므로 TCR의 인덕턴스는 L2가 되고 SCR이 on 되어 있는 경우에 TCR의 인덕턴스는 인덕턴스 L1과 L2의 병렬로 이루어진다. 이와 같이 TCR은 SCR을 이용하여 인덕턴스를 제어 할 수 있다. 또한 TCR의 인덕턴스는 SCR의 턴온 시점에 따라 달라지므로 인덕턴스를 다양하게 제어 할 수 있다. TCR의 인덕턴스 제어법은 다음과 같다.

## 2.2 TCR의 동작 분석

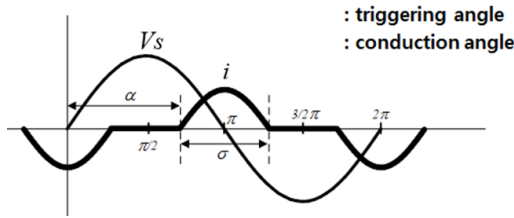


그림 6 지연각  $\alpha$ 에 따른 전압 전류 파형

그림 6은 TCR회로에서 인덕터  $L_1$ 과 SCR이 직렬 연결된 폴의 지연각  $\alpha$ 에 따른 전압과 전류 파형을 나타낸다. 그림 6과 같이 SCR이 지연각  $\alpha$ 를 가질 때 전류는  $\sigma$ 의 시간동안 흐르게 된다.

$$V_S = \frac{\pi X_L}{\sigma - \sin\sigma} I_1 = \omega \frac{\pi L_1}{2\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha} I_1 \quad (1)$$

$$L_{1V} = \frac{\pi L_1}{2\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha} \quad (2)$$

식 (1)은 지연각  $\alpha$ 에 따른 TCR의 전압  $V_S$ 를 나타낸다. 식 (1)로부터 지연각  $\alpha$ 에 따른 TCR의 인덕턴스  $L_{1V}$ 는 식 (2)와 같다.

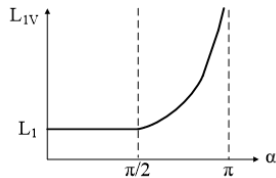


그림 7 지연각  $\alpha$ 에 따른 인덕턴스  $L_{1V}$

그림 7은 지연각  $\alpha$ 에 따른 인덕턴스  $L_{1V}$ 를 나타낸다. 그림 7에서 알 수 있듯이 인덕턴스는 지연각  $\alpha$ 에 따라  $L_1 \sim$  무한대까지 제어가 가능하다.

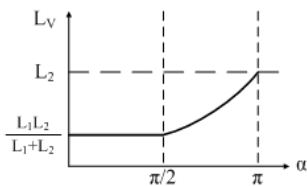


그림 8 지연각  $\alpha$ 에 따른 인덕턴스  $L_V$

그림 8은 지연각  $\alpha$ 에 따른 인덕턴스  $L_V$ 를 나타낸다. 지연각  $\alpha$ 가 0에서  $\pi/2$  사이 일때는 SCR이 항상 턴온 상태이므로 인덕턴스  $L_V = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$ 가 되며 지연각  $\alpha$ 가  $\pi$ 일때는 인덕턴스는 최대인  $L_2$ 가 된다.

## 1.3 적응 매칭 회로의 설계

표 1 제안하는 매칭 회로의 시스템 사양

Parameter	Value
Source Voltage	$704 \leq V_s \leq 1056$ [Vrms]
Frequency	$f_1 \leq f \leq 5f_1$
Capacitor C	0.856 [ $\mu$ F]
Resistor R	74.34 [ $\Omega$ ]

표 1은 제안하는 적응 매칭 회로 및 트랜스듀서의 시스템 사양이다. 매칭 회로의 인덕턴스  $L_1$ 과  $L_2$ 의 설계하기 위해서는 시스템사양 범위에서의 트랜스듀서 커패시터에서의 무효전력이 계산되어야 한다. 커패시터의 무효전력이 가장 작을 때의 무효전력을 TCR에서 보상하도록 인덕터의 값을 계산하여 그 값을 지연각이  $\pi$  일때의 인덕턴스 값인  $L_2$ 로 설계하고, 트랜스듀서 커패시터의 무효전력이 가장 클 때 TCR에서 보상하는 무효전력이 가장 크도록  $L_V$ 의 값을 계산하여  $L_V = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$ 가 되는  $L_1$ 을 설계한다.

## 3. 시뮬레이션

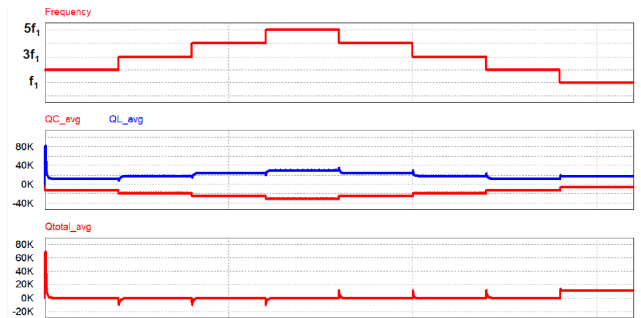


그림 9 주파수변화에 따른 매칭회로의 무효전력

그림 9는 주파수의 변화에 따른 매칭 회로의 무효전력을 나타낸다. 시뮬레이션 결과를 통해 알 수 있듯이 트랜스 듀서의 무효전력의 크기와 TCR에서 보상하는 무효전력의 크기가 동일하여 전체 무효전력이 0이 되어 역률이 거의 1로 동작함을 알 수 있다.

## 4. 결 론

이 논문에서는 전압의 변화 뿐만 아니라 주파수의 변화에 따라 변하는 트랜스 듀서의 무효전력을 보상할 수 있는 적응 매칭 회로를 제안하였다.

또한 매칭 회로의 동작 특성을 분석하고 소나시스템에서 사용되는 주파수 범위에서의 설계 가이드라인을 제시하였다.

본 논문에서 제안된 적응 매칭 회로를 사용하여 소나시스템에 사용되는 트랜스 듀서의 역률을 개선시킴으로서 전체 소나 시스템의 효율을 향상 시키고 크기를 줄일 것으로 기대한다.

본 연구는 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다.  
(계약번호 UD130017DD)

## 참 고 문 헌

- [1] Michael A. Ainslie "Principles of Sonar Performance Modeling" Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010
- [2] L. Gyugui, 1992, "A Unified Power Flow Control Concept of Flexible AC Transmission Systems", IEE Proceedings-C, 139(4), pp. 323-331
- [3] Pelly "Thyristor Phase-controlled Converters and Cycloconverters" John Willey & Sons, 1971