

대형연소기에 적용되는 저주파 전자식 점화 트랜스 개발에 관한 연구

이호균*, 박정철**

A Study on the Development of Low Frequency Electronic Ignition Trans for Large Combustors

Ho-kyun Lee*, Jung-cheul Park**

요약 본 논문은 보일러에 사용되는 점화트랜스에 대해 연구를 하였다. 점화봉 길이와 점화봉 간격 변화에 관계없이 출력주파수는 59.5~61.3Hz 사이에서 측정되었고 저주파 회로는 정상적으로 동작된 것을 알 수 있었다. 점화봉 간격이 2~10mm 변화를 주었을 때, 점화봉 길이가 30cm에서는 2.8A에서 3.45A까지 측정되었다. 점화봉 길이가 500cm에서는 9.37A에서 14.5A까지 측정되었고 1000cm에서는 13.2A에서 32.6A까지 측정되었다. 점화봉 길이와 점화봉 간격이 증가 될수록 전류는 증가되었다. 2차코일 출력전압을 측정한 결과, 점화봉 길이가 30cm에서는 AC 0.84kV~AC 1.75kV로 측정되었고 500cm 인 경우는 AC 1.17kV~AC 1.944로 측정되었고 1000cm에서는 AC 1.4kV~AC 7.18kV까지 측정되었다. 점화봉 길이와 점화봉 간격이 증가되면 2차코일 출력전압도 증가되었다. 점화트랜스의 출력전압 측정한 결과, 점화봉 길이가 30cm에서는 DC 1.11kV~DC 1.57kV 까지 측정되었고 500cm 인 경우는 DC 2.49kV~DC 3.72kV, 1000cm에서는 DC 3.78kV~DC 9.42kV까지 측정되어서 점화봉 길이와 점화봉 간격이 증가되면 출력전압이 증가된 것을 알 수 가 있었다.

Abstract In this paper, the ignition trans used in boilers was studied. Regardless of the change in the ignition rod length and the ignition rod gap, the output frequency was measured between 59.5 and 61.3 Hz, and it was found that the low frequency circuit operated normally. When the ignition rod gap changed by 2 to 10 mm, the ignition rod length was measured from 2.8A to 3.45A at 30cm. The ignition rod length was measured from 9.37 A to 14.5 A at 500 cm and from 13.2 A to 32.6 A at 1000 cm. As the ignition rod length and the ignition rod gap increased, the current increased. As a result of measuring the secondary coil output voltage. The ignition rod length was measured from AC 0.84 kV to AC 1.75 kV at 30 cm, AC 1.17 kV to AC 1.944 at 500 cm, and AC 1.4 kV to AC 7.18 kV at 1000 cm. As the ignition rod length and the ignition rod gap increased, the output voltage of the secondary coil also increased. As a result of measuring the output voltage of the ignition trans, the ignition rod length was measured from DC 1.11 kV to DC 1.57 kV at 30cm, DC 2.49 kV to DC 3.72 kV at 500cm, and DC 3.78 kV to DC 9.42 kV at 1000cm, and the power voltage increased as the ignition rod length and interval increased.

Key Words : boiler, ignition trans, ignition rod length, ignition rod gap, secondary coil

1. 서론

보일러란 직립식, 노통연관식, 수관식등의 여러

가지 형태의 사용하여 금속통에 연료를 넣고 연 소기구인 버너(burner)로 이용하여 대기압 이상 의 증기 또는 온수를 발생시키는 장치를 말한다

*CEO of SENSOR9 Co.

** Corresponding Author : Department of Electronic Engineering, Gachon University (jcpark@gachon.ac.kr)

Received July 10, 2022

Revised August 04, 2022

Accepted August 06, 2022

[1,2]. 보일러는 연소실, 수실, 전열면, 복사부분으로 구성된 보일러 본체와 급수장치, 연소장치, 자동제어장치, 송풍장치 등으로 구성되고 부속기기와 안전운전을 위한 보조 장치로 구성되어 있다[3,4,5,7]. 보일러에 필수적으로 적용되는 점화트랜스는 가스나 기름을 연소시킬 때 불꽃을 발생하는 장치로서 난방기, 주방기기, 보일러에 적용된다. 연소는 송풍기를 이용하여 일정량의 공기를 주입하고 기름 혹은 가스를 분사하고 바로 연료분사 직전에 점화장치에 방전을 시키는 불쏘시개 역할을 한다. 불쏘시개가 약하면 제대로 불씨를 일으키지 못하여 점화가 되지 않아 점화불량이 발생된다. 그러므로 점화트랜스는 안전하고 연소할 수 있는 방전이 요구된다.

본 논문에서는 전자식 점화트랜스를 제작하여 입력 전압을 고주파와 고전압으로 승압 및 변조하여 효율을 증대시키고 다시 저주파로 변조시켜서 누설전류를 최소화시켜 출력하는 방식으로 회로를 구성하였다. 제작된 점화트랜스를 이용하여 점화봉 간격 및 출력선 길이 변화에 대한 전류 및 출력전압, 출력주파수를 측정하였다.

2. 이론적 배경

전자식 점화트랜스는 입력전압(220V)을 고주파 스위칭회로(수백Hz ~ 수십kHz)에 적용하여 변압기의 1차 코일에 인가하고 2차 코일에 승압하는(수kV ~ 수십kV) 방식이다. 전자식 점화트랜스는 소형 연소기(난방기, 주방기기, 보일러)에 적용되며 가격이 저렴하고 무게가 가벼우며 효율이 좋은 장점이 있다. 그리고 풍량이 센 곳에서는 방전이 쉽게 끊어지고 출력코드가 길면 방전이 잘되지 않고 출력이 약하다는 단점이 있다. 전자식 점화트랜스는 고주파 방전방법을 적용하여 가격도 저렴하고 효율은 좋으나 연소로의 길이가 2m 이상이고 송풍팬의 풍압이 센 연소장치에서는 중간에 누설이 되어 불꽃방전이 잘 일어나지 않으므로 대형 연소기에서는 적용이 불가능하다. 철심형(누설형) 점화트랜스는 철심(보빈)에 1차

코일을 감아서 입력전압을 연결하고 2차 코일에 승압전압의 용량만큼 감아서 입력전압을 수백~수십 배로 승압시키는 방법으로 대형 연소기에 적용된다[8,9,10,11]. 즉 철심형 점화트랜스는 입력전압을(220V)을 고전압(10~20kV)으로 승압시켜 점화봉에서 방전을 시켜 불꽃을 형성하여 연료(가스, 기름)에 점화시키기 방식이다. 기존 기술은 철심형 점화트랜스와 전자식 점화트랜스는 단순히 입력전압을 승압하여 출력하는 방식이다. 본 논문은 입력전압을 고주파로 변조하여 승압을 시키고 다시 저주파로 복조하여 출력하는 방식으로 입력 전압(220V, 60Hz)을 고전압(25kV) 및 고주파(1kHz)로 승압, 변조시키고 다시 저주파(60Hz)로 복조하여 누설전류를 최소화하여 출력하는 방식을 적용하였다.

3. 실험방법

본 논문에서 사용된 변압기는 크기는 7.8×50mm이고 Ni-Zn 주성분으로 구성된 페라이트 코어를 사용하였다. 1차 코일에 사용된 코일은 직경이 0.4mm인 UEWF를 사용하여 280번 감았고 2차 코일에는 직경이 0.06mm인 UEWF를 사용하여 한번에 3700번씩 두 번을 감았다. 보조코일에는 직경이 0.48mm인 AWG#26의 코일을 사용하여 15번 감아서 제작하였다. 제작된 변압기를 그림 1에 나타냈다[11]. 실험에 사용된 전자식 점화트랜스의 회로는 그림 2에 나타냈고 접지회로와 고주파스위칭회로 및 저주파변환회로로 구성하였다. 점화봉 간격에 따른 출력값을 측정하기 위해 그림 3은 실험에 사용된 전자식 점화트랜스와 점화봉을 나타냈다. 실험에서 점화봉 간격을 2mm, 4mm, 6mm, 8mm, 10mm 그리고 점화봉 길이를 30cm, 500cm, 1000cm로 변화를 주고 제작하였고 점화봉 길이와 점화봉 간격 변화에 따른 전류와 출력주파수, 출력전압을 측정하였다.

점화봉 길이는 30cm이고 점화봉 간격이 2mm인 경우, 출력주파수는 60Hz이고 전류는

3.45 A로 측정되었다. 점화봉 간격이 4mm일 때 출력주파수는 59.5Hz이고 전류는 2.8A로 측정되었다.

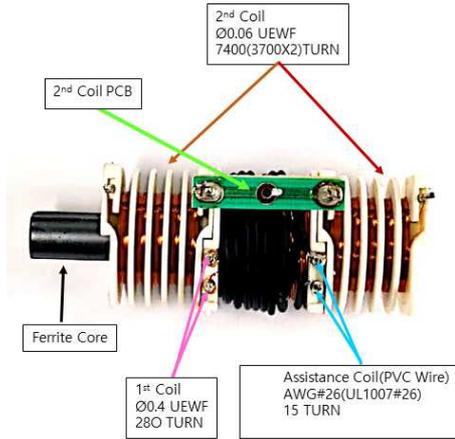


그림 1. 변압기
Fig. 1. Transformer

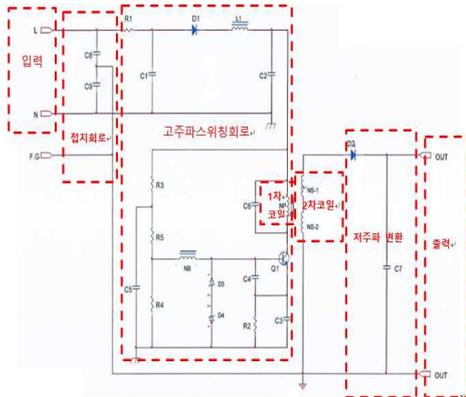


그림 2. 고주파와 저주파 변조회로
Fig. 2. High frequency and low frequency modulation circuit.

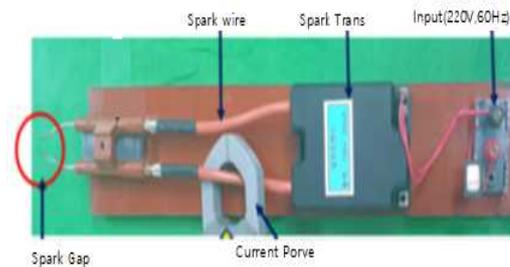


그림 3. 전자식 점화트랜스
Fig. 3. Electronic spark trans

점화봉 간격이 6mm일 때 출력주파수는 59.6Hz이고 전류는 2.73A로 측정되었다. 점화봉 간격이 8mm 일 때 출력주파수는 60.3Hz이고 전류는 3.13A로 측정되었다. 점화봉 간격이 10mm일 때 60.1Hz이고 전류는 3.4A로 측정되었다. 점화봉 길이가 500cm이고 점화봉 간격이 2mm일 때 출력주파수는 61.3 Hz이고 전류는 14.5A로 측정되었다. 점화봉 간격이 4mm일 때 출력주파수는 60.1Hz이고 전류는 10.1A로 측정되었다. 점화봉 간격이 6mm일 때 출력주파수는 60.1Hz이고 전류는 10.2A로 측정되었다. 점화봉 간격이 8mm 일 때 출력주파수는 61.4Hz이고 전류는 9.37A로 측정되었다. 점화봉 간격이 10mm일 때 출력주파수는 61.4Hz이고 전류는 14.4A로 측정되었다. 점화봉 길이가 1000cm이고 점화봉 간격이 2mm일 때 출력주파수는 59.6Hz이고 전류는 16.2A로 측정되었다. 점화봉 간격이 4mm일 때 출력주파수는 59.6Hz이고 전류는 13.2A로 측정되었다. 점화봉 간격이 6mm일 때 출력주파수는 60.1Hz이고 전류는 32.6A로 측정되었다. 점화봉 간격이 8mm 일 때 출력주파수는 29.2Hz이고 전류는 21.4A로 측정되었다. 점화봉 간격이 10mm 일 때 출력주파수는 59.6Hz이고 전류는 25.6A로 측정되었다. 표 1은 주파수를 측정한 것을 나타냈고 표 2는 전류를 측정한 것을 나타냈다. 점화봉 길이가 30cm일 때는 전류값이 큰 변화가 없었으며 1000cm일 경우는 전류변화 폭이 큰 것으로 나타났다. 그리고 일정한 간격에서 점화봉 길이가 증가될수록 전류값이 상승되었다. 이것은 점화봉이 길어지면 저항값의 변화에 따른 결과일 것으로 예측된다.

표 1. 간격변화에 따른 주파수

Table 1. Frequency according to gap change

Spark gap	Spark wire length		
	30cm	500cm	1000cm
2mm	60kHz	61.3kHz	59.6kHz
4mm	59.5kHz	60.1kHz	59.6kHz
6mm	59.6kHz	60.1kHz	60.1kHz
8mm	60.3kHz	61.4kHz	59.2kHz
10mm	60.1kHz	61.4kHz	59.6kHz

표 2. 간격 변화에 따른 전류

Table 2. Current according to gap change

Spark gap	Spark wire length		
	30cm	500cm	1000cm
2mm	3.45A	14.5A	16.2A
4mm	2.8A	10.1A	13.2A
6mm	2.73A	10.2A	32.6A
8mm	3.13A	9.37A	21.4A
10mm	3.4A	14.4A	25.6A

점화봉에서 아크가 발생될 때 두 전극 간에 줄열이 발생하므로 줄열은 i^2Rt 로 표현된다. 1회성 아크인 경우 아크개시시간을 t_1 , 아크 종료시간을 t_2 라고 설정한 후 아크전압 V_a , 전류 I_a 를 방전에서지 E_a 수식으로 표현하면 식(1)과 같이 나타낼 수 있다[12].

$$E_a = \int_{t_1}^{t_2} V_a \times I_a dt \quad (1)$$

아크발생 시 전류는 IEEE 1584 공식에 의하여 식(2)로 계산된다.

$$\log I_a = K + 0.662 \log_{10} I_{bf} + 0.0966 V + 0.000526 G + 0.5588 V(\log_{10} I_{bf}) - 0.000304 G(\log_{10} I_{bf}) \quad (2)$$

여기서 I_a : 아크전류 kA, G: 컨덕터 갭(mm), K : 옥외 아크발생시 -0.153, 폐쇄된 공간에서 아크발생시 -0.097, V : 입력전압, I_{bf} : 3상 고장전류 kA

식 (2)을 간략화 시키면 식(3)으로 나타낼 수

있다.

$$\log_{10} I_a = 0.00402 + 0.983 \log_{10} I_{bf} \quad (3)$$

식(1)을 이용하여 측정된 전류와 전압을 적용하여 계산된 것을 표 3에 나타냈다. 점화봉 길이가 30cm일 때는 방사에너지 즉 아크 방전은 3.8295kJ·Cal~5.495 kJ·Cal로 큰 변화폭이 없으나 1000cm일 때는 방사에너지가 19.572 kJ·Cal ~ 241.15kJ·Cal로 계속 증가하는 추세로 보였다. 즉 방사에너지가 증가될수록 소비전력이 증가한다는 것을 예측 할 수 있다.

표 3. 방사에너지 측정값

Table 3. Measurement of radiation energy

Spark gap	Spark wire length		
	30cm	500cm	1000cm
2mm	3.82	53.94	19.57
4mm	4.25	27.37	49.89
6mm	3.54	25.39	124.21
8mm	4.91	31.95	190.25
10mm	5.49	52.56	241.15

점화봉 길이가 30cm이고 점화봉 간격이 2mm일 때 2차 코일을 통과한 전압은 AC 840V로 측정되었고 저주파 회로 출력단에서는 DC1.11kV로 측정되었다. 점화봉 간격이 4mm일 때 2차코일 출력단은 AC1.03kV, 저주파 회로 출력단은 DC1.52kV로 측정되었다. 점화봉 간격이 6mm일 때 2차코일 출력단은 AC1.1kV 저주파 회로 출력에서는 DC1.29kV로 측정되었다. 점화봉 간격이 8mm일 때 2차코일 출력은 AC1.24kV이고 저주파 회로 출력단에서는 DC1.57kV로 각각 측정되었다. 점화봉 간격이 10mm일 때 2차코일 출력은 AC1.49kV이고 저주파 회로 출력에서는 DC 1.75kV로 각각 측정되었다. 점화봉 길이가 500cm이고 점화봉 간격이 2mm일 때 2차코일 출력은 AC1.17kV 이고 저주파 회로 출력에서는 DC 3.72kV로

측정되었다. 점화봉 간격이 4mm일 때 2차코일 출력은 AC1.91kV이고 저주파 회로 출력에서는 DC2.71 kV로 측정되었다. 점화봉 간격이 6mm일 때 2차코일 출력은 AC1.37kV이고 저주파 회로 출력에서는 DC 2.49kV로 측정되었다. 점화봉 간격이 8mm일 때 2차코일 출력은 AC1.64kV 이고 저주파 회로 출력에서는 DC3.41kV로 측정되었다. 점화봉 간격이 10mm일 때 2차코일 출력은 AC1.94kV이고 저주파 회로 출력에서는 DC 3.65kV로 측정되었다. 점화봉 길이가 1000 cm이고 점화봉 간격이 2mm일 때 2차코일 출력은 AC1.4kV이며 저주파 회로 출력에서는 DC3.06kV로 각각 측정되었다. 점화봉 간격이 4mm일 때 2차코일 출력은 AC7.18kV이며 저주파 회로 출력에서는 DC3.78kV로 각각 측정되었다. 점화봉 간격이 6mm일 때 2차코일 출력은 AC2.67kV이며 저주파 회로 출력에서는 DC3.81kV로 각각 측정되었다. 점화봉 간격이 8mm일 때 2차코일 출력은 AC3.42kV이며 저주파 회로 출력에서는 DC8.89kV로 각각 측정되었다. 점화봉 간격이 10mm일 때 2차코일 출력은 AC3.43kV이며 저주파 회로 출력단에서는 DC9.42kV로 각각 측정되었다.

결론적으로 점화봉 간격이 증가될수록 전압이 증가되었고 또한 점화봉 길이가 증가될수록 전압이 증가되는 것을 알 수가 있었다.

표 4. 간격 변화에 따른 2차코일 출력 전압
Table 4. 2nd coil output voltage according to gap change

Spark gap	Spark wire length		
	30	500	1000
2mm	0.84kV	1.17kV	1.4kV
4mm	1.03kV	1.19kV	7.18kV
6mm	1.1kV	1.37kV	2.67kV
8mm	1.24kV	1.64kV	3.42kV
10mm	1.49kV	1.94kV	3.43kV

표 5. 간격 변화에 따른 저주파 회로 출력 전압
Table 5. Low frequency circuit output voltage according to gap change

Spark gap	Spark wire length		
	30	500	1000
2mm	1.11kV	3.72kV	3.06kV
4mm	1.52kV	2.71kV	3.78kV
6mm	1.29kV	2.49kV	3.81kV
8mm	1.57kV	3.41kV	8.89kV
10mm	1.75kV	3.65kV	9.42kV

4. 결론

본 논문은 보일러에 사용되는 점화트랜스에 대해 연구를 하였다. 입력 전압(220V, 60Hz)을 고전압(25kV) 및 고주파(1kHz)로 승압 및 변조시키고 다시 저주파(60Hz)로 복조하여 누설전류를 최소화하여 출력하는 방식을 적용하여 점화트랜스를 제작하였다. 실험에서 점화봉 간격을 2mm, 4mm, 6mm, 8mm, 10mm 그리고 점화봉 길이를 30cm, 500cm, 1000cm로 변화를 주어서 제작하였고 점화봉 길이와 점화봉 간격 변화에 따른 전류와 출력주파수 및 출력전압을 측정하였다. 점화봉 길이와 간격 변화에 관계없이 출력주파수는 59.5Hz~61.3Hz 사이에서 측정되어 저주파 회로는 정상적으로 동작된 것을 알 수 있었다. 점화봉 길이와 점화봉 간격을 변화하면서 전류를 측정하였을 때 점화봉 길이가 30 cm인 경우는 2.8A에서 3.45A까지 측정되었다. 점화봉 길이가 500cm에서는 9.37A에서 14.5A까지 측정되었고 1000cm에서는 13.2A에서 32.6A까지 측정되어 점화봉 길이가 길어질수록 전류는 증가되었다. 2차코일 출력전압을 측정한 결과, 점화봉 길이가 30cm에서는 AC0.84 kV~AC1.75kV로 측정되었고 500cm인 경우는 AC1.17kV~AC1.944로 측정되었고 1000cm에서는 AC 1.4kV~AC 7.18kV 까지 측정되어 점화봉 길이가 증가되면 2차코일 출력 전압도 증가되었다. 마지막으로 점화트랜스 출력 전압 즉 저주파 회로부분의 출력을 측정한 결

과, 점화봉 길이가 30cm에서는 DC1.11kV~DC 1.57kV 까지 측정되었고 500cm인 경우는 DC2.49 kV ~DC3.72kV, 1000cm에서는 DC3.78kV~DC 9.42kV까지 측정되어서 점화봉 길이와 점화봉 간격이 증가되면 출력전압이 증가된 것을 알 수 가 있었다.

본 연구 결과를 기반으로 제작된 점화트랜스는 산업용 및 가정용 보일러에 적용 할 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] K. B. Lee, "Research for Development of Gas Boiler", The Society Of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea, Vol.19, No.41, pp.23~27, 1991.
- [2] C. N. Park, L. H. Kim, "A Development of Test Method on the Energy Consumption Efficiency of Domestic Gas Boiler below 70 kW", Journal of Energy Engineering, Vol. 25, No. 3, pp.73~82, 2016
- [3] T. G. Kim, "The advantage of continuous heating using a gas boiler as a heat source.", The Society Of Air- Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea, No.4, pp.23~42, 1989
- [4] B. I. Park, P. H. Lee, S. H. Cho, "Combustion Characteristics of Cylindrical Flat Premixed Burner for Condensing Boiler", KOSCO SYMPOSIUM, pp. 287 ~ 291, 2010
- [5] I. S. Park, H. K. Kim, "The Characteristic of Combustion on Flat Plate Type Premixing Surface Combustion Gas Burner and Applied Cases", KOSCO SYMPOSIUM 284-289, 2008
- [6] Korean Standards Association, "KS B 8100 : Gas appliance technical terms, Ministry of Trade, Industry and Energy Korea Agency for Technical and Standards, pp. 12, 2015,
- [7] Korean Standards Association, "KS B 8109 : Domestic hot water gas boiler, Ministry of Trade, Industry and Energy Korea Agency for Technical and Standards, pp. 20~21, 2014,
- [8] Korean Standards Association., "KS B 8127 : Domestic hot water gas condensing boiler, Ministry of Trade, Industry and Energy Korea Agency for Technical and Standards, pp.19, 2014,
- [9] J. D. Dale, M. D. Checkel, P. R. Smy, "Application of High Energy Ignition Systems to Engines", Progress in Energy and Combustion Science, Vol.23, No.5, pp. 379 ~398, 1997, doi: 10.1016/S0360-1285(97)00011-7.64
- [10] X. Yu, S. Yu, Z. Yang, Q. Tan, M. Ives, L. Li, M. Liu, M. Zheng, "Improvement on Energy Efficiency of the Spark Ignition System", SAE Technical Paper, doi: 10.4271/2017-01-0678.
- [11] H. K. Lee, J. W. Kim, J. C. Park, "A Study on the Development of Ignition Trans applied to Gas Boiler", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol.14 No.6, pp.476~472, 2021
- [12] IEEE 1584-2002, "Guide for perform -ing arc-flash hazard calculations," IEEE Std. pp. 1584-2002, 2002.

저자약력

이 호 균 (Ho-Kyun Lee)

[정회원]



- 1980년 : 명지대학교
전자공학과 공학사
- 2022년 : 가천대학교 전자공학과
공학박사
- 2007년~현재 :
센서나인(주) 대표

〈관심분야〉 난방용 연소기 점화장치

박 정 철 (Jung-Chuel Park)

[정회원]



- 2000년 명지대학교
전자공학과 공학박사
- 1993년 ~현재 가천대학교
전자공학과 교수

〈관심분야〉 신재생에너지