

자동차 점화코일의 부분방전특성

신종열, 김탁용, 변두균, 김원중, 이수원*, 홍진웅
광운대학교 전기공학과, 한국철도대학 철도전기제어과*

Partial Discharge of Ignition Coil for Automotive

Jong-Yeol Shin, Tag-Yong Kim, Du-Gyoon Byun, Weon-Jong Kim, Soo-Won Lee*, Jin-Woong Hong
Dept. of Electrical Engineering Kwangwoon Univ.
Dept. of Electric Control Korea Nat'l Railroad College*

Abstract

자동차 점화장치는 전원으로부터 공급된 낮은 전압을 점화코일을 통하여 연소실의 혼합기를 연소시키기 위해 충분한 고전압을 발생시키는 장치이며, 점화장치의 핵심은 점화코일이다. 이 점화코일은 절연성능이 우수한 절연재료가 사용되지만 고전압의 발생으로 점화코일 내부에서 일어나는 전기적 열화로 인해 누설전류가 흐르게 되어 전기적 고장을 초래할 수 있다. 이로 인하여 절연재료의 수명은 단축되며, 또한 점화코일에 전류가 흐름으로써 코일 내부에서 발생하는 온도변화에 따른 절연열화로 점화코일의 성능이 저하될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 점화코일에 사용되고 있는 절연재료에 전압이 인가될 때 발생할 수 있는 비파괴 검사의 일종인 부분방전 측정용을 통하여 전압변화에 따른 에폭시 성형 점화코일의 위상각(ϕ) - 방전전하량(q) - 발생빈도수(n)의 특성 변화를 조사하고 분석함으로써 점화코일의 수명을 예측하여 자동차 점화장치의 성능진단과 정보제공을 자동차 전기장치의 발전에 도움이 될 것을 기대하며, 온도상승에 따른 점화코일의 부분방전 특성을 실험하고 분석하였다.

Key Words : Partial discharge, Ignition coil, Insulator material, Close loop type, Phase angle, discharge current, Counts

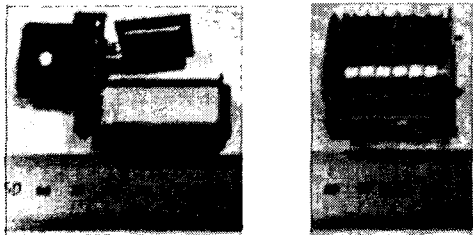
1. 서론

가솔린 기관을 탑재한 자동차의 점화장치는 시동과 운전 중에 반드시 있어야 하며, 이 점화장치의 핵심은 점화코일이다. 점화코일은 절연확보와 열 발산을 위하여 액체절연유나 합성수지를 사용하여 전기적 신뢰성을 확보하고 또 필요한 고전압으로 변성하여 이용되고 있다. 따라서 점화코일은 1차와 2차코일 및 층간절연을 우수한 절연재료로 절연하여야 제 기능을 발휘할 수 있다. 과거에는 절연재료로 절연유를 사용한 유입식 점화코일이 사용되어 왔으나, 장시간 운행하면 절연유가 열화되어 절연내력이 감소하여 절연성능이 약화됨에 따라 점화코일의 성능저하를 초래하게 되었다. 또한 폐오일에 의한 환경문제가 발생하며, 유입식의 특성으로 장치가 커진다. 따라서 최근

에는 부품의 크기를 소형화 및 경량화가 가능하고 기계적으로도 견고하며, 절연성능과 다른 물질과의 결합력이 우수한 에폭시 성형 점화코일을 주로 사용하고 있다. 한편, 점화코일은 엔진 주변에 설치되어 있고, 고전압을 발생하므로 열이 발생할 수 있어 열에 잘 견딜 수 있어야 하며, 고분자인 에폭시는 열에 의한 성질변형이 일어나 절연성능에 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 점화코일의 온도변화에 따른 전압의존성을 조사하기 위해 부분방전 전하량을 측정하였으며, 각 위상에 따른 방전전하량 및 발생빈도수를 통한 $\phi-q-n$ 분포를 고찰하였다. 이로 인해 점화장치의 성능향상 및 우수한 부품 생산에 적극적으로 활용할 수 있기를 기대한다.

2. 실험

본 실험에서 사용한 시료는 시판되고 있는 에폭시 성형 점화코일을 사용하였다. 그림 1은 시료의 형상을 나타낸 것이며, 표 1의 경화조건 및 시료의 기본 물성을 나타낸 것이다.



(a) primary coil (b) secondary coil

그림 1. 시료의 형상
Fig. 1. Shape of specimen

표 1. 시료의 물성

Table 1. Physical properties of specimen

배합비[wt%]		에폭시수지	경화제
		100	28
경화 시간		1차	2차
	온도 [°C]	90	140
	시간 [h]	2.5	2.5
유리전이온도[°C] (T_g)		120	
유전정절[%] (25[°C]-50[Hz])		0.54	

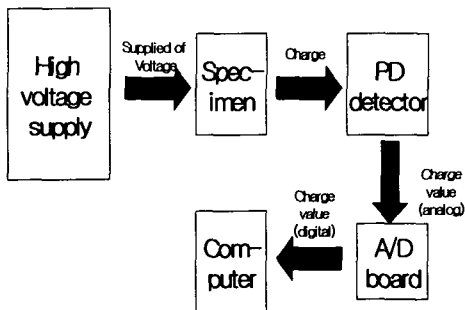


그림 2. 실험장치의 블록도
Fig. 2. Block diagram of experimental device

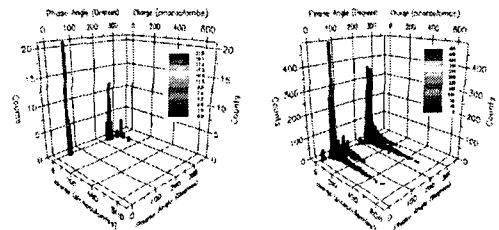
부분방전전하량 측정을 위하여 AVO Co.에서

제작된 부분방전 측정 장치를 사용했으며, 전압은 교류 60[Hz], 3~8[kV]를 step인가법에 의해 승압하였다. 또한 전압인가 후 즉시 데이터를 acquisition 하였으며, 10초 동안 발생한 전하량 및 빈도수를 위상별로 검출하여 한 사이클에 적층하였으며, $\phi-q-n$ 데이터를 3차원 그래프로 작성하였고, 그림 2는 부분방전 측정의 블록도이다.

3. 결과 및 고찰

3.1 상온에서의 전압의존성

그림 3은 에폭시 성형 점화코일의 전기적 특성을 조사하기 위하여 실리콘유 중 상온에서 6[kV], 6.5[kV], 7[kV], 8[kV]의 전압을 인가하면서 부분방전 특성인 $\phi-q-n$ 을 조사하여 얻은 그림으로 인가 전압이 5.5[kV] 이하에서는 부분방전이 발생하지 않음을 확인할 수 있다.



(a) 6.0[kV] (b) 8[kV]

그림 3. 상온에서의 전압의존성
Fig. 3. Applied voltage dependance at RT

그림 (a)는 전압 6[kV] 인가시의 $\phi-q-n$ 특성으로 정극성에서는 위상 50°부근에서 방전전하량 765[pC], 빈도수 39가 나타남을 확인하였고, 부극성에서는 위상 220°~280°범위에서 전하량 1,547[pC], 빈도수 49를 얻었다. 따라서 부극성의 전하량이 정극성보다 2배정도 크게 나타남을 확인할 수 있다.

그림 (b)는 인가전압 8[kV]일 때의 부분방전 특성을 나타낸 것으로 최대 빈도수는 정극성이 부극성보다 많이 커 보이지만 전체 빈도수는 부극성이 1,373이나 더 크다. 따라서 정극성의 전하량은 437,630[pC]이고, 부극성은 593,260[pC]이므로, 전하량은 부극성이 정극성보다 135[%]정도 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

따라서 에폭시 성형 점화코일의 부분방전 특성

인 $\phi-q-n$ 을 조사한 결과, 같은 조건에서 인가전압이 높아지면 방전 전하량의 크기가 증가함을 알 수 있으며, 방전이 나타나는 위상각의 범위도 넓어짐을 확인하였다.

3.2 50[°C]에서의 전압의존성

그림 4는 앞의 상온에서와 같은 조건과 방법으로 유증 50[°C]에서 얻은 $\phi-q-n$ 의 분포를 나타낸 그림이다.

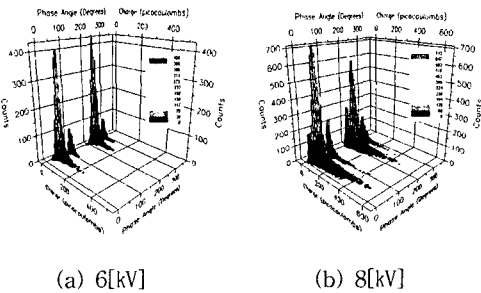


그림 4. 50[°C]에서의 전압 의존성
Fig. 4. Applied voltage dependence at 50[°C]

그림 (a)는 전압 6[kV] 인가 시의 부분방전 특성으로 정극성에서는 20°~80°영역과 105°부근의 2개의 영역에서 부분방전 특성이 나타나고, 전하량 353,432[pC]을 얻었다. 부극성에서도 2개의 영역에서 전하량 233,560[pC]을 얻었는데, 이것은 최대 빈도수는 부극성이 약간 높게 나타나지만, 빈도수가 정극성 6,315, 부극성 6,109이므로 전하량은 정극성에서 다소 높게 나타남을 확인할 수 있다.

그림 (b)는 인가전압 8[kV]에서의 $\phi-q-n$ 특성을 나타낸 것으로 방전전하량은 정극성이 1,451,300[pC]이고, 부극성은 1,432,200[pC]으로 거의 비슷하게 나타나고 있다. 이것은 최대 빈도수는 정극성이 부극성보다 크게 보이나 전체 빈도수와 발생 전하량의 위상 범위가 비슷하므로 전하량이 거의 같게 나타나고 있는 것으로 사료된다.

따라서 예폭시 성형 점화코일의 $\phi-q-n$ 의 분포 조사를 통하여 같은 조건에서 인가전압이 높아지면 방전 전하량의 크기가 증가하고, 방전이 나타나는 위상 범위도 넓어짐을 확인하였으며, 방전전하량은 일반적으로는 부극성에서 많이 나타나고 있으나 반드시 그렇지는 않음을 확인할 수 있었다.

3.3 120[°C]에서의 전압의존성

그림 5는 앞의 상온에서와 같은 조건으로 유증 120[°C]에서 얻은 $\phi-q-n$ 의 분포를 나타낸 그림이다.

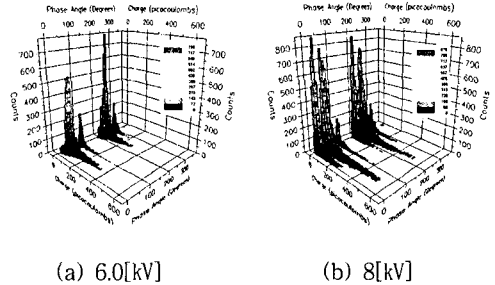


그림 5. 120[°C]에서의 전압 의존성
Fig. 5. Applied voltage dependence at 120[°C]

그림 (a)는 인가전압이 6[kV] 일 때의 $\phi-q-n$ 특성으로, 이 때의 전하량은 정극성에서는 621,870 [pC]을, 부극성에서는 719,340[pC]을 얻었는데, 이것은 위상 영역이 정극성과 부극성에서 낮은 전압에 비해 방전전하량 발생영역이 넓어지므로 전하량이 크게 나타나고 있으며, 부극성의 최대 빈도수와 전체 빈도수가 정극성보다 크기 때문에 전하량도 115[%]나 더 크게 나타나고 있는 것으로 사료된다. 그림 (b)는 인가전압 8[kV]에서의 $\phi-q-n$ 특성을 나타낸 것으로 정극성과 부극성에서 방전전하량이 거의 비슷하게 나타나고 있다.

따라서 예폭시 성형 점화코일의 $\phi-q-n$ 의 분포 조사를 통하여 같은 조건에서 인가전압이 높아지면 방전 전하량의 크기가 증가하고 부분방전 발생 빈도수도 증가함을 확인할 수 있으며, 부분방전이 나타나는 위상범위도 넓어짐을 확인하였다. 또한 측정온도가 높아짐에 따라 전자의 운동이 활발하여 방전 전류의 흐름을 증가시켜 전하량도 증가함을 확인할 수 있다.

3.4 150[°C]에서의 전압의존성

그림 6의 (a)는 인가전압 6[kV]일 때의 부분방전 특성을 나타낸 것으로 전 영역에서 방전전하량이 검출되고 있으며, 정극성에서는 빈도수 1,620, 전하량 31,491[pC]을 나타내고 있으며, 부극성에서는 빈도수 2,704, 전하량 54,412[pC]을 나타내고 있다.

4. 결론

자동차 점화코일의 온도변화에 따른 전압 의존성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 측정 온도범위에서 전압의 증가에 따라 방전 전하량이 발생하는 위상각이 넓어지는 것을 확인하였다.
- (2) 인가전압이 높아질수록 정극성보다는 부극성에서 방전전하량이 더 크게 나타남을 확인하였다.
- (3) 에폭시 성형 점화코일의 방전전하량은 인가전압 6 [kV]까지는 상온부터 120 [°C]까지 온도의 증가에 따라 증가하는 것을 확인하였다.
- (4) 측정온도 150 [°C] 이상에서는 전압변화에 무관하게 매우 안정적으로 변화하는 것으로 보아 에폭시의 2차 경화온도 이상이 되면 가교로 인하여 절연성능이 우수해지는 것을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 島崎 勇一 外 4人, “스파크플러그電壓解釋による内燃機關の燃焼モニタ”, 自動車技術, Vol 47, No.10, pp.32-39, 1993.
- [2] William H. Crouse, “Automotive Electrical Equipment”, McGraw-Hill, Inc. pp. 384, 397, 1966
- [3] Robert Bosch GmbH, “Gasoline-engine management”, Germany, pp.185-186, 1999
- [4] Donald W. Patten, “Automotive Service Basics”, pp. 246-252, 4th ed., 2002
- [5] 大木義路 外 3人, “誘電体物性”, pp. 111~144, 培風館 Ltd, Japan, nov. 2002
- [6] 金丸 競, “高分子電氣物性”, 共立出版株式會社, pp.27-40, 1981.

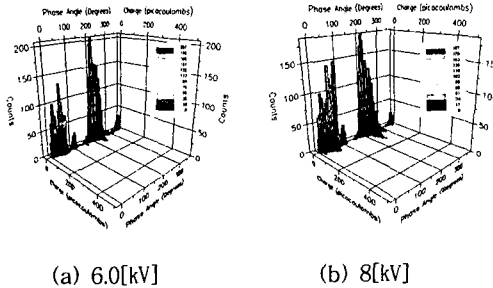


그림 6. 150[°C]에서의 전압 의존성
Fig. 6. Applied voltage dependence at 150[°C]

특히 최대 방전전하량은 정극성보다 부극성이 훨씬 크게 나타나고 빈도수도 크므로 부극성의 방전전하량이 정극성의 방전전하량보다 크게 나타나고 있다. 따라서 정극성보다 부극성에서의 방전전하량이 172[%]정도 더 크게 나타나고 있다. 이것은 부극성에서 빈도수가 크고 전자의 반발력이 더 크기 때문으로 사료된다.

그림 (b)는 인가전압 8[kV]일 때의 부분방전 특성을 나타낸 것으로 전 영역에서 검출되고 있으며, 최대 빈도수는 부극성이 크지만 전체 빈도수가 정극성이 더 크므로 방전전하량은 비슷하고, 특히 빈도수가 상온보다 119[%] 크게 나타나지만 방전전하량은 상온의 69[%]가 되는데, 이것은 최대 방전전하량이 상온에 비하여 매우 적고, 또한 에폭시 시료의 2차 경화온도 이상이 되므로 미 가교 부분이 새롭게 가교가 발생되어 내부 결합력이 높아지고 특히 유리전이온도가 약 120[°C]이므로 측정온도에서는 새로운 물성 변화가 발생한 것으로 사료된다.

따라서 에폭시 성형 점화코일의 부분방전 특성인 $\phi-q-n$ 을 조사한 결과, 같은 조건에서 인가전압이 높아지면 방전 전하량의 크기와 방전발생 빈도수도 증가함을 알 수 있으며, 방전이 나타나는 위상범위도 넓어지고 시료의 2차 경화온도 이상에서는 내부 결합력이 증가하여 절연성능이 더 좋아지는 것으로 사료된다.