

HID램프와 안정기 사이의 전선 길이에 따른 이그니션 전압 전달특성 분석

論 文
56P-3-6

Transmission Characteristics & Analysis of Ignition Voltage According to Its Conductor Length from the Ballast to the HID Lamp

方善培[†] · 金鍾旻* · 韓雲基* · 林秉魯** · 張牧淳***
(Sun-Bae Bang · Chong-Min Kim · Woon-Ki Han · Mog-Soon Jang)

Abstract - In this paper, characteristics of ignition voltage and current by wire length of HID(High Intensity Discharge) lamp circuit are analyzed. In the construction field, decision of the wire thickness for HID lamp circuit has the problems, and these are presented. Through transmit parameters, equivalent model of the ballast and HID lamp circuit was derived. The graph of voltage reduction about length between the ballast and the lamp is shown. The simulation of proposed model and experimental results are presented in order to validate the proposed method. The proposed model and graph can use to choose the proper length of wire between the ballast and the lamp in the field.

Key Words : HID Lamp, Ballast, Conductor length, Ignition voltage, Voltage reduction

1. 서 론

최근 국내 조명시설은 야간활동 및 체육활동 인구증가에 따라 HID(High Intensity Discharge) 램프의 사용이 증가되고 있는 실정이며, 대형공장, 조명타워와 같이 높은 위치에 램프가 설치되어 관등회로(램프와 안정기 사이의 전선)의 전선이 길어지는 경향이 있다. 그러나 HID 램프 관등회로의 전선 길이에 따른 굵기 선정과 관련된 규정 및 지침이 명확히 제시되고 있지 않아 산업현장에서는 많은 혼란이 발생하고 있다. 이에 본 논문에서는 HID 램프 관등회로의 전선 길이에 따른 이그니션 전압 전달 특성을 분석하였다.

HID 램프의 이그니션 전압은 고주파수 임펄스성 형태를 갖고 있으며, 고전압·대전류 점등특성으로 인하여 관등회로가 길어질 경우, 램프 점등 실패 및 램프와 안정기의 효율저하 현상이 발생될 수 있어 일반적으로 정격전류 이상의 허용전류가 가능한 전선을 사용하고 있다. 또한 전기설비기술기준, 내선규정, 한국조명공업규격 등에서 관등회로 전선 굵기 선정과 관련된 기준이 정확히 제시되지 않고 있으며, 한국조명공업규격에서 안정기 인출선 규격으로 0.75 mm² 이상의 전선을 사용하도록 규정하고 있을 뿐이다.[1]

본 논문에서는 관등회로의 전선 길이가 15 m 이상인 41개소를 현장실태조사 하여 문제점을 분석하였고, 제조회사가 다른 램프 6종을 사용하여 안정기의 이그니션 전압·전류

특성을 분석하였다. 또한 전선 매개변수 파라미터를 이용하여 안정기와 관등회로를 등가모델링 하였으며, 시뮬레이션 및 실험을 통하여 관등회로 전선 굵기 선정에 필요한 이그니션 전압 감쇄그래프를 제시하였다.

이그니션 전압 감쇄현상 분석을 위하여 실험에 사용된 안정기는 자기식 안정기 NH(나트륨램프) 250W, NH400W, 전자식 안정기 MH(메탈헬라이드) 250W를 사용하였으며, 관등회로 전선은 KS 규격 및 전기설비기술기준, 현장실태조사 결과에 따라 CV 2C/2.0 mm², CV 2C/3.5 mm², VCTF 2C/1.5 mm², VCTF 2C/2.5 mm²를 사용하였다. 또한 전선의 길이는 25 m, 50 m, 75 m, 100 m를 사용하였고 노출상태에서 실험하였다.

2. 본 론

2.1 관등회로 전선의 사용실태 분석

전기설비기술기준, 내선규정, 한국조명규격 등에서 관등회로 전선의 길이, 굵기 선정과 관련된 기준이 명확히 제시되고 있지 않아 전국적으로 HID 램프와 안정기 사이의 거리가 15 m 이상인 장소를 현장실태조사 하였고, 조사된 41개소에 대하여 분석하였다.

표 1 관등회로 전선 길이

Table 1 Length of electric wire at the HID lamp circuit

| 전선길이 | 20m 이하 | 30m 이하 | 30m 초과 | 계 |
|------|--------|--------|--------|----|
| 개 소 | 13 | 24 | 4 | 41 |

관등회로의 전선 길이에 대하여 조사한 결과, 표 1과 같이 20 m을 초과하고 30 m이하인 장소가 24개소로 가장 많

[†] 교신저자, 正會員 : 電氣安全研究院 先任研究員
E-mail : bsb1586@kesco.or.kr

* 正會員 : 電氣安全研究院 研究員

** 正會員 : 江原大學 電氣·電子工學科 碩士課程

*** 正會員 : 江原大學 電氣工學科 工博

接受日字 : 2007年 7月 24日

最終完了 : 2007年 8月 23日

있으며, 20 m이하의 장소가 13개소, 30 m을 초과하는 장소가 4개소로 나타났다. 30 m을 초과하는 장소로는 40 m 1개소, 60 m 2개소, 100 m 1개소로 조사되어 최근, 관동회로 전선의 길이가 매우 길어지고 있음을 알 수 있다.

관동회로 전선의 종류 및 굵기를 조사한 결과, 표 2와 같이 CV 전선이 가장 많이 사용하고 있는 것으로 조사되었으며, 길이가 짧은 장소에서는 VCTF 전선이 많이 사용되고 있는 것으로 조사되었다. 전선의 굵기는 3.5 mm를 사용하고 있는 장소가 15개소로 가장 많았으며, 다음으로는 5.5 mm를 사용하는 장소가 10개소, 2 mm 전선을 사용하는 장소가 6개소로 나타났다.

표 2 관동회로 전선 종류 및 굵기

Table 2 Kind and thickness of electric wire at the HID lamp circuit (단위 : mm)

| 전선종류 | CV2.0 | CV3.5 | CV5.5 | VCTF2.0 | 기타 | 계 |
|------|-------|-------|-------|---------|----|----|
| 개 소 | 6 | 15 | 10 | 6 | 4 | 41 |

안정기 분전반(함) 또는 안정기 1차 인입 전선의 종류 및 굵기를 조사한 결과, 표 3과 같이 모든 장소에서 CV 전선을 사용하고 있었으며, 케이블의 굵기는 5.5 mm가 19개소로서 가장 많았고, 8 mm 9개소, 3.5 mm 8개소, 22 mm가 3개소로 조사되었다.

표 3 안정기 인입 전선 종류 및 굵기

Table 3 Kind and thickness of lead-in ballast electric wire (단위 : mm)

| 전선종류 | CV3.5 | CV5.5 | CV8 | CV22 | 기타 | 계 |
|------|-------|-------|-----|------|----|----|
| 개 소 | 8 | 19 | 9 | 3 | 2 | 41 |

관동회로 전선으로 가장 많이 사용되고 있는 CV 전선의 허용전류를 살펴보면, 관로인입포설 2심일 경우 2.0 mm는 26 A, 3.5 mm는 36 A, 5.5 mm는 47 A이며, HID 램프의 정격전류를 살펴보면, MH 1000W는 4.0 A~8.3 A, MH 400W는 3.25 A~3.65 A, MH 250W는 2.1 A~3.0 A이다.[2] 따라서 HID 램프의 정격전류만을 고려할 경우, 현장실태조사 결과로 나타난 관동회로 전선은 전류 감소계수를 고려하여도 너무 굵은 전선을 사용하고 있는 것으로 조사되고 있다. 그러나 HID 램프의 관동회로 전선은 정격전류뿐만 아니라 이그니션 전압·전류 특성 등을 고려하여야 하며, 램프 종류, 램프 특성에 따른 많은 차이점들을 고려하여야 한다.

2.2 HID 램프의 이그니션 전압·전류 특성 분석

본 절에서는 자기식 안정기 및 램프의 이그니션 전압·전류 특성을 분석하였으며, 그림 1은 HID 램프 MH 400W 6종의 이그니션 전압·전류를 측정한 파형이다.

HID 램프의 이그니션 전압·전류는 램프 및 안정기의 수명, 고전압 발생으로 인한 안전 측면, 관동회로의 전선 굵기 선정 등의 측면에서 매우 중요하다. 그림 1의 측정 파형은

1회 또는 2회 이내의 이그니션 전압 발생으로 램프가 점등되고 있으나, 이그니션 전류는 수 회 또는 수십 회의 점등전류(Run-up current)가 공급되고 있음을 알 수 있고, 각각의 램프마다 전압·전류 특성이 매우 상이하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

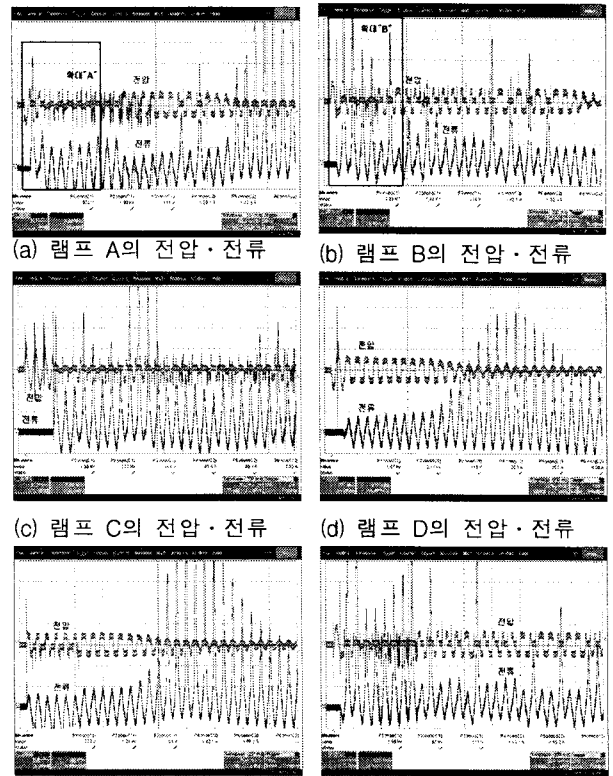


그림 1 램프 종류에 따른 이그니션 전압·전류 파형

Fig. 1 Ignition voltage · current according to kinds of lamps(350V/div. 5A/div.)

그림 2와 3은 그림 1의 램프 A와 램프 B의 이그니션 전압·전류 파형을 확대한 것이다.

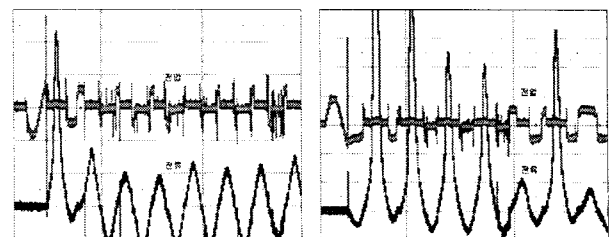


그림 2 "A"의 확대
Fig. 2 Enlarged "A"
(350V/div. 5A/div.)

그림 3 "B"의 확대
Fig. 3 Enlarged "B"
(350V/div. 5A/div.)

램프 A의 이그니션 전압은 1.98 kVpk-pk로 나타나고 있으며, 이그니션 전압 발생에 따라 35 A 이상의 이그니션 전류가 램프로 공급되고 있다. 또한 램프 B의 이그니션 전압은 1.44 kVpk-pk로 나타나고 있으며, 이그니션 전압 발생에

따라 35 A 이상의 이그니션 전류가 램프로 공급되고 있음을 알 수 있다. 또한 램프 상태에 따라 점등전류가 불규칙적으로 공급되고, 점등 전류로 인하여 이그니션 전압이 강하되어 큰 점등전류 발생시에는 이그니션 전압이 형성되지 않고 있음을 알 수 있다. 표 4는 HID 램프 MH 400W 6종에 대하여 측정된 이그니션 전압·전류의 전기적 특성을 정리하여 나타낸 것이다.

표 4 HID 램프의 이그니션 전압·전류 특성
Table 4 HID lamp characteristics of Ignition voltage · current

| 램프 종류 | 이그니션 전압 | | 이그니션 전류 | |
|-------|--------------|----------------|-------------|---------------|
| | V_{max} kV | V_{pk-pk} kV | I_{max} A | I_{pk-pk} A |
| A | 0.94 | 1.98 | 38.1 | 47.5 |
| B | 1.05 | 1.44 | 43.1 | 56.3 |
| C | 1.08 | 2.17 | 41.5 | 49.3 |
| D | 1.07 | 2.17 | 29.1 | 35.1 |
| E | 0.77 | 1.24 | 43.1 | 56.3 |
| F | 1.05 | 1.67 | 43.1 | 48.2 |

이그니션 전압 중 V_{max} 는 0.77 kV~1.08 kV로 측정되었으며, V_{pk-pk} 는 1.24 kV~2.17 kV, V_{rms} 는 94 V~119 V로 측정되었다. 이그니션 전류 중 I_{max} 는 29.1 A~43.1 A로 측정되었으며, I_{pk-pk} 는 35.1 A~56.3 A로 측정되었다.

2.3 이론적 고찰 및 시뮬레이션

2.3.1 자기식 안정기의 등가 모델링

HID 램프는 부성저항 특성을 갖고 있으며, 이러한 전기적 특성으로 인하여 반드시 안정기가 요구된다. 따라서 본 절에서는 자기식 안정기 및 관동회로 전선을 전송 매개변수 파라미터를 이용하여 등가모델링 하였고 2-포트 회로망으로 상호 연결하였으며, Matlab 프로그램을 사용하여 시뮬레이션 하였다.

HID 램프는 초기 점등을 위하여 최소 1 kV~2 kV 이상의 높은 이그니션 전압과 점등 유지를 위한 큰 이그니션 전류가 필요하여 별도의 점등회로를 갖게 된다.[4][5] 그림 4는 실험을 위하여 사용한 자기식 안정기의 구조도이다.

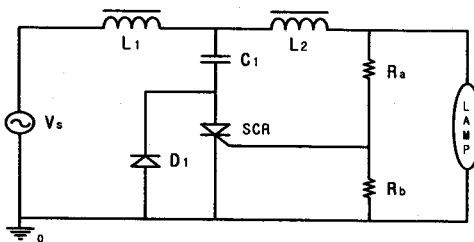


그림 4 자기식 안정기의 구조
Fig. 4 The structure of magnetic ballast

정상상태에서는 L1과 L2에 의해서 램프에 전력을 공급한다. 이그니션 상태에서는 램프가 open 상태이며, Ra과 Rb의 전압분배에 의해 SCR이 턴-온하게 되고 L1과 C1에 전류 루프가 형성된다. SCR이 턴-온 되는 순간 L1과 C1은 Damping 현상이 발생되고, 이러한 Damping으로 인해 발생하는 고전압을 이용하여 점등하게 된다. L1과 L2는 단권변압기의 구조를 갖고 있으며, L1의 양단 전압은 턴-수비에 의하여 L2에 고전압을 형성시키게 된다.

그림 5는 L1, L2, C1의 직렬저항 성분인 ESR을 고려하여 자기식 안정기를 2-포트 회로망으로 등가한 회로이다.

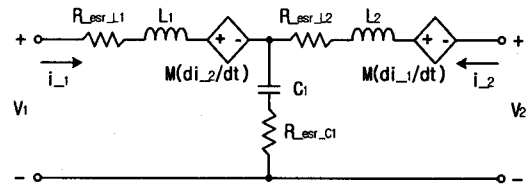


그림 5 자기식 안정기의 모델링
Fig. 5 The modeling of magnetic ballast

2-포트 매개변수에 대한 임피던스 방정식은 식 (1)으로 표현되며, 그림 4의 자기식 안정기를 2-포트 회로망으로 가정하였다. 임피던스 방정식은 식 (2), (3)로부터 식 (4)을 구할 수 있다.

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \tag{1}$$

$$V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 \tag{2}$$

$$V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 \tag{3}$$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{ESR_L1} + R_{ESR_C1} + sL_1 + \frac{1}{sC_1} & R_{ESR_C1} - sM + \frac{1}{sC_1} \\ R_{ESR_C1} - sM + \frac{1}{sC_1} & R_{ESR_L2} + R_{ESR_C1} + sL_2 + \frac{1}{sC_1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \tag{4}$$

2.3.2 관동회로 전선의 등가 모델링

케이블의 길이가 비교적 긴 경우에는 대지용량과 대선용량이 존재하지만, 대지용량은 시공 상태에 따라 변화가 많고 대지와 직접 접촉되지 않을 경우 매우 작아지므로 측정을 제외하였다. 본 논문에서 사용된 관동회로 전선의 임피던스는 참고문헌 [1],[3]과 HIOKI 353250-50 LCR HITESTER로 측정된 값을 비교하여 표 5와 같이 정리하였고, 그림 6과 같이 등가회로로 표현할 수 있다.[1][3][4]

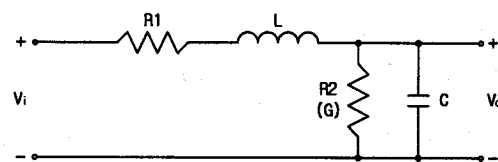


그림 6 관동회로 전선의 등가회로
Fig. 6 Equivalent circuit of HID lamp circuit

표 5 관등회로 전선의 임피던스

Table 5 Impedance of electric wire at the HID lamp

| 전선종류 | 저항 Ω/km | 인덕턴스 mH/km | 커패시턴스 μF/km |
|-----------------------------|------------|---------------|----------------|
| CV 2C/2.0 mm ² | 9.79 | 0.316 | 1.545 |
| CV 2C/3.5 mm ² | 6.76 | 0.308 | 1.540 |
| VCTF 2C/1.5 mm ² | 11.81 | 0.547 | 2.236 |
| VCTF 2C/2.5 mm ² | 10.03 | 0.512 | 2.117 |

그림 6은 2-포트 회로망으로 가정할 수 있으며, 식 (5)과 같이 임피던스 방정식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} V_i \\ V_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + sL + \frac{R_2}{1 + sR_2C} & \frac{R_2}{1 + sR_2C} \\ \frac{R_2}{1 + sR_2C} & \frac{R_2}{1 + sR_2C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_i \\ I_o \end{bmatrix} \quad (5)$$

2.3.3 2-포트 회로망의 상호연결

한 회로망의 출력이 다음 회로망의 입력포트에 연결될 때, 이 회로망들은 종속으로 연결되었다고 하며, 안정기의 출력변수가 관등회로의 입력변수가 되기 때문에 전송 매개변수가 사용된다. 그림 7은 안정기와 관등회로의 2-포트 회로망에 대한 종속연결을 표현하였다.

두 개의 2-포트 회로망이 종속으로 연결되어 있기 때문에 전체를 T-회로망으로 표현할 수 있다. 식 (4)와 식 (5)는 식 (6)으로 표현할 수 있다.

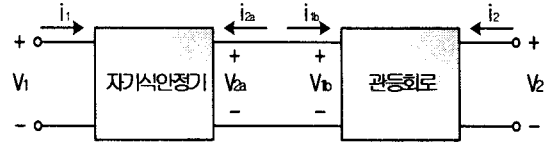


그림 7 2-포트 회로망의 종속연결

Fig. 7 Cascade of 2-port electric network

그림 8은 안정기와 관등회로를 T 회로망으로 등가한 그림이며, 2-포트 회로망의 종속연결에 대한 전송 매개변수(A, B, C, D)로 표현할 수 있다. 여기서 R₂는 매우 큰 저항 값을 가지며, 수식의 복잡함을 간소화하기 위해서 R₂/(1+sR₂C)=1/sC로 가정하였다.

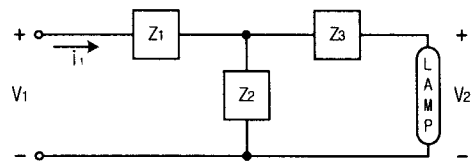


그림 8 T형 등가회로

Fig. 8 Equivalent circuit of T type

전송 매개변수에서 A = V₁/V₂ (I₂ = 0)는 개방역방향 전압이득을 의미하며, 식 (7)으로부터 역수를 통하여 점등 시 입력 전압에 대한 램프의 전달특성을 구할 수 있다. 또한, B = V₁/I₂ (V₂ = 0)는 단락역방향 전달임피던스를 의미하며, 식(8)으로부터 램프의 단락사고시의 안정기 및 관등선로의 임피던스를 구할 수 있다. C = I₁/V₂ (I₂ = 0)는 개방역방향 전달어드미턴스를 의미하며, 식 (9)으로부터 점등 시의 등가 회로의 어드미턴스를 구할 수 있다.

$$T = \begin{bmatrix} (R_{esr_{\alpha}} + R_{esr_{\gamma}} + sL_1 + \frac{1}{sC_1})(R_1 + sL + \frac{R_2}{1 + sR_2C}) & (\frac{R_2}{1 + sR_2C})[(R_{esr_{\alpha}} - sM + \frac{1}{sC_1}) + (R_{esr_{\beta}} + R_{esr_{\gamma}} + sL_1 + \frac{1}{sC_1})] \\ (R_{esr_{\alpha}} - sM + \frac{1}{sC_1})(R_1 + sL + \frac{R_2}{1 + sR_2C}) & (\frac{R_2}{1 + sR_2C})[(R_{esr_{\alpha}} - sM + \frac{1}{sC_1}) + (R_{esr_{\beta}} + R_{esr_{\gamma}} + sL_2 + \frac{1}{sC_1})] \\ + (R_{esr_{\beta}} + R_{esr_{\gamma}} + sL_2 + \frac{1}{sC_1})(\frac{R_2}{1 + sR_2C}) & \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$A = \frac{Z_{11}}{Z_{21}} = \frac{(CC_1LL_1)s^4 + (CC_1R_{esr_{\beta}}L + CC_1R_{esr_{\gamma}}L + CC_1R_1L_1)s^3 + (CC_1R_{esr_{\beta}}R_1 + CC_1R_{esr_{\gamma}}R_1 + C_1L_1 + CL - C_1M)s^2 + (C_1R_{esr_{\beta}} + 2C_1R_{esr_{\gamma}})s + 2}{- (CC_1ML)s^4 + (CC_1R_{esr_{\alpha}}L - CC_1MR_1)s^3 + (CC_1R_{esr_{\alpha}}R_1 - C_1M + CL + C_1L_2)s^2 + (CR_1 + 2C_1R_{esr_{\alpha}} + C_1R_{esr_{\beta}})s + 2} \quad (7)$$

$$B = \frac{\Delta Z}{Z_{21}} = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21}}{- (CC_1ML)s^4 + (CC_1R_{esr_{\alpha}}L - CC_1MR_1)s^3 + (CC_1R_{esr_{\alpha}}R_1 - C_1M + CL + C_1L_2)s^2 + (CR_1 + 2C_1R_{esr_{\alpha}} + C_1R_{esr_{\beta}})s + 2} \quad (8)$$

$$C = \frac{1}{Z_{21}} = \frac{(CC_1)s^2}{- (CC_1ML)s^4 + (CC_1R_{esr_{\alpha}}L - CC_1MR_1)s^3 + (CC_1R_{esr_{\alpha}}R_1 - C_1M + CL + C_1L_2)s^2 + (CR_1 + 2C_1R_{esr_{\alpha}} + C_1R_{esr_{\beta}})s + 2} \quad (9)$$

$$D = \frac{Z_{22}}{Z_{21}} = \frac{(C_1L_2 - C_1M)s^2 + (2C_1R_{esr_{\alpha}} + C_1R_{esr_{\beta}})s + 2}{- (CC_1ML)s^4 + (CC_1R_{esr_{\alpha}}L - CC_1MR_1)s^3 + (CC_1R_{esr_{\alpha}}R_1 - C_1M + CL + C_1L_2)s^2 + (CR_1 + 2C_1R_{esr_{\alpha}} + C_1R_{esr_{\beta}})s + 2} \quad (10)$$

$D = I_1/I_2$ ($V_2=0$)는 단락역방향 전류이득을 의미하며, 식 (10)으로부터 램프의 단락사고시의 역수를 통하여 전류이득을 구할 수 있다.

2.3.4 시뮬레이션 및 실측결과

자기식 안정기와 관동회로의 전선 길이에 따른 이그니션 전압 감쇄특성을 알아보기 위해 식 (7)을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 그림 9는 관동회로 전선 0 m, 50 m, 100 m에서 안정기 출력 이그니션 전압 시뮬레이션 파형과 실측파형이며, 실험 및 시뮬레이션은 자기식 안정기 NH 250W, CV 2C/2.0 mm를 사용하였다.

그림 9는 L1, C1에 의한 진동 주파수와 각 소자의 저항 성분인 ESR에 의한 이그니션 전압의 감쇄특성을 알 수 있으며, 안정기 출력 이그니션 전압은 시뮬레이션 최대값 4.3 kV, 측정 최대값 4.5 kV 이다. 관동회로 전선 50 m에서는 시뮬레이션 최대값 2.1 kV, 측정 최대값 3 kV이며, 100 m에서는 시뮬레이션 최대값 1.5 kV, 측정 최대값 2 kV로 나타나고 있어 시뮬레이션에 의해서도 R, L, G, C에 의해 전압이 감소하는 것을 알 수 있다.

2.4 실험 결과 및 분석

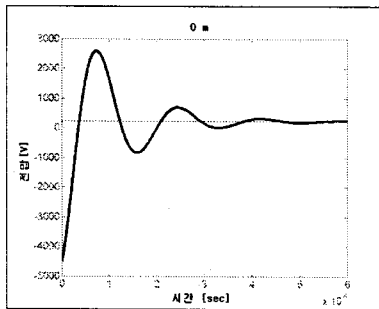
HID 램프의 이그니션 전압은 고주파수 임펄스성 형태를 갖고 있어 관동회로 전선이 길어질 경우, 이그니션 전압이 감쇄되어 램프가 점등되지 않을 수 있어 일반적으로 정격전류 이상의 허용전류가 가능한 전선을 사용하고 있다.

관동회로 전선의 길이, 종류, 굵기에 따른 이그니션 전압 감쇄현상을 실험을 통하여 분석하였으며, 실험에 사용된 안

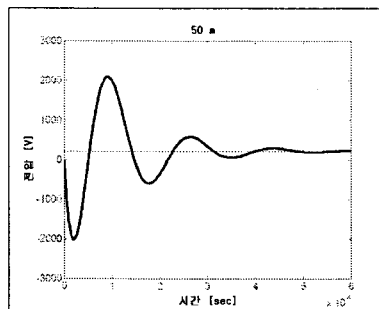
정기는 자기식 NH(나트륨램프) 250W 2종류, NH400W 2종류이고, 전자식 MH(메탈헬라이드) 250W 2종류를 사용하였으며, 관동회로 전선은 KS 규격 및 전기설비기술기준, 현장 실태조사 결과에 따라 CV 2C/2.0 mm, CV 2C/3.5 mm, VCTF 2C/1.5 mm, VCTF 2C/2.5 mm를 사용하였다. 전선의 길이는 25 m, 50 m, 75 m, 100 m을 사용하였고 노출상태에서 실험하였다. 실험결과와 전선 길이에 따른 이그니션 전압을 전선 종류에 따라 그림 10과 같이 그래프로 제시하였다.

실험결과 자기식 안정기 NH 250W의 이그니션 전압은 3.98 kV, 4.77 kV이며, 50 m 길이에서 CV 전선은 31 %~45 % 감소하였고, VCTF 전선은 54 %~63 % 감소하였다. 100 m 길이에서 CV 전선은 40 %~45 % 감소하였고, VCTF 전선은 70 % 정도 감소하였다. 자기식 안정기 NH 400W의 이그니션 전압은 4.02 kV, 3.76 kV이며, 50 m 길이에서 CV 전선은 30 % 정도 감소하였고, VCTF 전선은 50 %~56 % 감소하였다. 100 m 길이에서 CV 전선은 40 %~47 % 감소하였고, VCTF 전선은 66 %~71 % 정도 감소하였다. 전자식 안정기 MH 250W의 이그니션 전압은 1.36 kV, 1.84 kV이며, 50 m 길이에서 CV 전선은 16 %~24 % 정도 감소하였고, VCTF 전선은 28 %~36 % 감소하였다. 100 m 길이에서 CV 전선은 30 % 정도 감소하였고, VCTF 전선은 40 %~54 % 감소하였다.

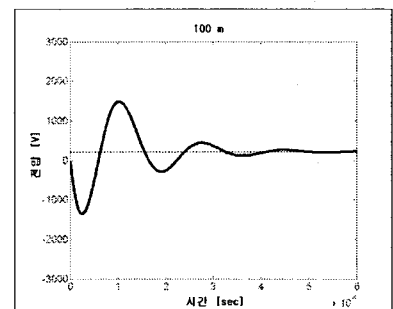
관동회로 전선의 길이에 따른 이그니션 전압의 감소는 이그니션 전압이 고주파수(자기식 안정기의 이그니션 주파수는 4 kHz~6 kHz, 전자식 안정기의 이그니션 주파수는 60 kHz~120 kHz)이며, 임펄스성 형태를 갖고 있어 전선의 임피던스 R, L, G, C의 영향을 받아 감쇄현상이 뚜렷이 나타남을 확인할 수 있다.



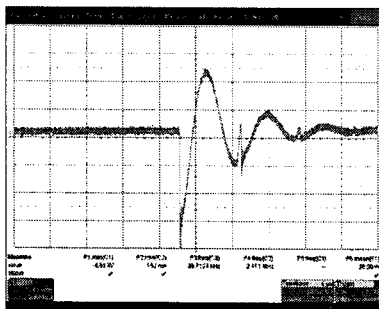
(a) 0m 시뮬레이션 전압 파형



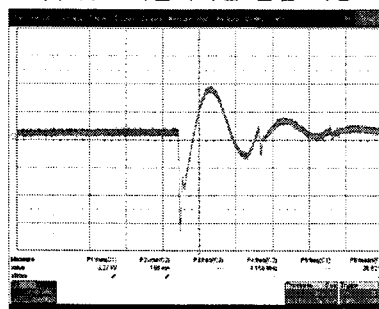
(c) 50m 시뮬레이션 전압 파형



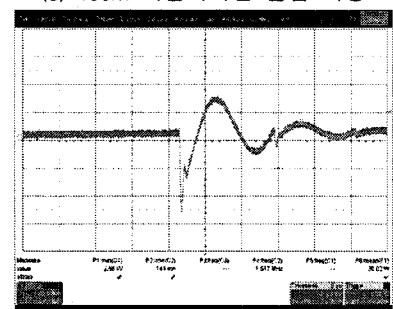
(e) 100m 시뮬레이션 전압 파형



(b) 0m 측정 전압 파형



(d) 50m 측정 전압 파형



(f) 100m 측정 전압 파형

그림 9 관동회로 전선길이에 따른 이그니션 전압 파형

Fig. 9 Ignition voltage according to electric wire length at the HID lamp circuit(1 kV/div, 100 μs/div.)

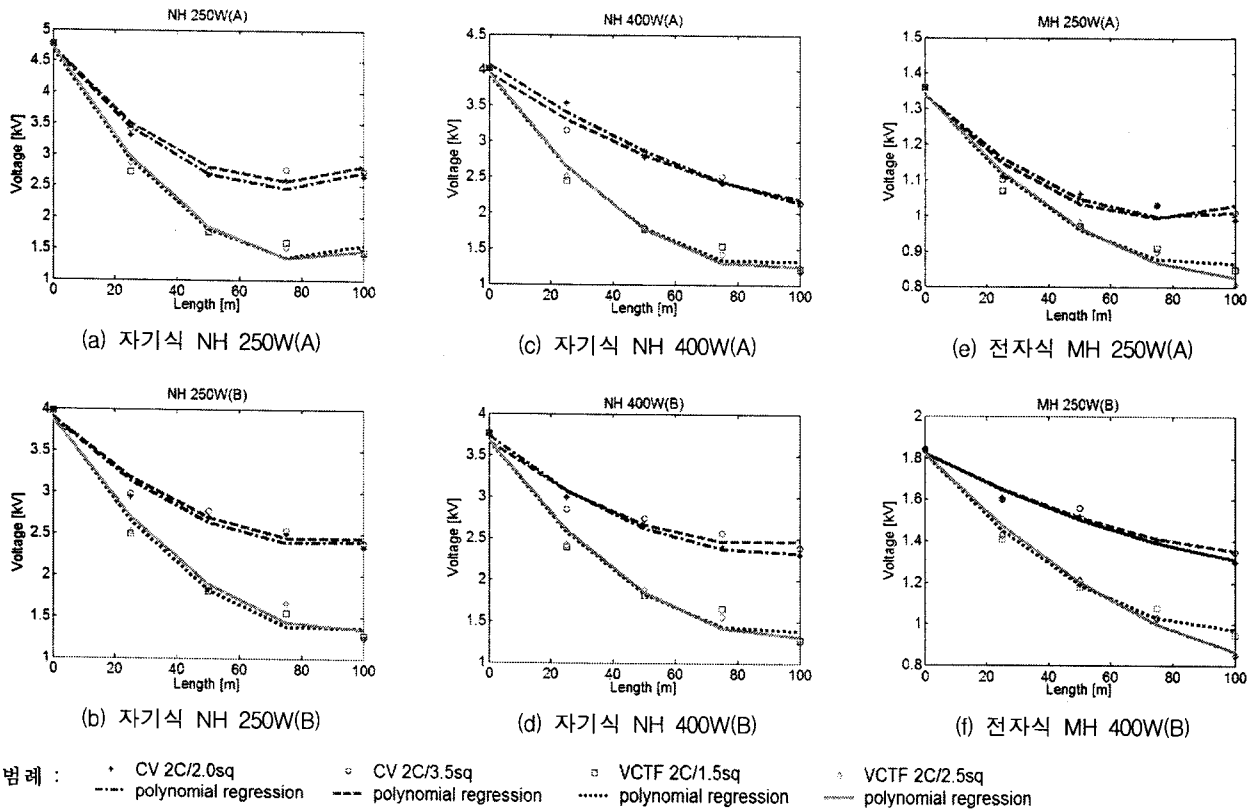


그림 10 관동회로의 전선 길이에 따른 이그니션 전압 감소 특성

Fig. 10 Decreasing characteristics of ignition voltage according to electric wire length at the HID lamp circuit

3. 결 론

본 논문은 HID 램프 관동회로의 전선 길이, 전선의 종류, 굵기에 따른 이그니션 전압·전류 특성 분석에 관한 것으로, 현장실태조사를 통하여 문제점을 제시하고 이그니션 전압·전류 특성을 분석하였으며, 실험을 통하여 전선의 길이, 종류, 굵기에 따른 이그니션 전압 감소 그래프를 제시하였다.

HID 램프의 이그니션 전압·전류 특성을 분석한 결과, 제조회사별, 램프 상태에 따라 이그니션 특성이 매우 상이함을 알 수 있었으며, 램프 공급전류는 글로우(glow)방전, 아크(arc)방전으로 불규칙적인 40 A 이상의 큰 전류가 발생되고, 큰 전류로 인하여 이그니션 전압이 강하되어 전압이 형성되지 않고 있음을 알 수 있었다.

관동회로 전선의 길이, 종류, 굵기에 따른 이그니션 전압 감소현상을 시뮬레이션 및 실험을 통하여 분석한 결과, 안정기의 이그니션 전압은 1.36 kV, 4.77 kV이며, 50 m 길이에서 CV 전선은 16%~45% 감소하였고, VCTF 전선은 28%~63% 감소하였다. 100 m 길이에서 CV 전선은 26%~47% 정도 감소하였고, VCTF 전선은 48%~70% 감소하였다. 관동회로 전선의 길이에 따른 이그니션 전압의 감소는 이그니션 전압이 고주파수 임펄스성으로 전선의 임피던스 R, L, G, C의 영향을 받아 감소현상이 뚜렷이 나타남을 확인할 수 있었고, 관동회로의 전선 길이가 길어져 램프 점등을 위한 최소 이그니션 전압이 발생하지 않으면 램프가 점등되지 않게 된다. MH램프는 NH램프보다 아크튜브가 커

서 낮은 전압에서도 점등이 가능하여 실험결과 자기식 MH 램프는 실험 길이에 관계없이 점등되었다. 또한 NH 램프는 점등이 어려워 높은 이그니션 전압이 발생되고 있음을 확인할 수 있었으며, NH 400W보다 NH 250W가 이그니션 전압이 높게 나타났다. 그러므로 관동회로 전선의 굵기 선정은 HID 램프의 정격전류만으로 결정할 수 없으며, 이그니션 상태에서의 점등전류와 이그니션 전압이 고려되어야 한다.

본 논문은 HID 램프 관동회로의 전선 길이, 전선의 종류, 굵기에 따른 이그니션 전압·전류 특성 분석에 관한 것으로, HID 램프 시공 산업현장에서 관동회로 전선 길이에 따른 전선의 종류, 굵기 선정에 필요한 자료로 활용하며, 자기식 안정기의 성능 향상 및 전자식 안정기 개발 자료로 활용할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 박종연, 정광현, "케이블 길이에 따른 HID 램프용 안정기의 특성분석", 한국조명·전기설비학회, Vol. 20, No. 6, pp. 9~17, July, 2006.
- [2] KS 규격, "KS C 8109," 기술표준원, 2004.
- [3] 백수현, 송진호, 이형수, 김대경, "가로등 안전관리대책 학술연구 용역," 서울특별시·대한전기학회, pp. 179~235, Sep., 2002.
- [4] Chr. Meyer, H. Nienhuis, "Discharge Lamps," Philips Technical Library, pp. 215~248, 1988.

- [5] Doron Shmilovitz, Sigmond Singer, "High-Frequency Operated converters based on Transmission Lines," IEEE Transaction on Power Electronics, Vol. 11, No. 1, Jan., 1996.
- [6] Doron Shmilovitz, Sigmond Singer, "Pulsed Power Generation by Means of Transmission Lines," IEEE Transaction on Power Electronics, Vol. 18, No. 1, Jan., 2003.

저 자 소 개



방 선 배 (方 善 培)
 1968년 5월 18일생. 1994년 명지대 전기공학과 졸업. 2002년 강원대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2005년 동 대학원 박사수료. 2003년~현재 전기안전연구원 선임연구원.
 Tel : 031-580-3074, Fax : 031-580-3070
 E-mail : bsb1586@kesco.or.kr



김 중 민 (金 鍾 旻)
 1972년 7월 18일생. 1998년 전북대학교 전기공학과 졸업. 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 전기안전연구원 연구원.
 Tel : 031-580-3077, Fax : 031-580-3070
 E-mail : cmkim@kesco.or.kr



한 운 기 (韓 雲 基)
 1973년 6월 20일생. 1997년 목포대 전기공학과 졸업. 2001년 성균관대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년~현재 전기안전연구원 연구원.
 Tel : 031-580-3078, Fax : 031-580-3070
 E-mail : power@kesco.or.kr



임 병 노 (林 秉 魯)
 1978년 11월 18일생. 2002년 안양과학대 전기제어 졸업(전문학사). 2001~2004년 (주)ADG 선임 연구원. 2006년 한림대학교 전자과 졸업(학사). 2006년~현재 강원대학교 대학원 전기전자공학과 석사과정



장 목 순 (張 牧 淳)
 1966년 10월 25일생. 1992년 강원대학교 전기공학과 졸업(학사). 1994년 동대학원 졸업(석사). 1997년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1998~2005년 University of Toronto, Electric Power Group 선임 연구원. 2006~현재 강원대학교 전기공학과 강사. (주)올라이트라이프 연구소장.