

鹽分으로 汚損된 接點의 아-크의 發生과 消滅

이종호 · 이규철 · 황영한*

전기공학과

〈요 약〉

본 연구는 산업체 제어기기용 전자릴레이의 접촉불량 원인중의 하나인 염분(NaCl)으로 오염된 접점의 개폐 아-크특성을 규명하고, 아울러 개폐시의 전압파형, 표면손상 형태, 마모된 표면의 성분분석, 실험회로 정수변화의 실험결과를 분석·검토하여 실부하에 사용되는 릴레이 접점의 진단 및 개선방법에 대하여 고찰하였다.

실험결과에 의하면, (1) 염분에 의한 접점표면의 오손에 따라 접점 개폐시의 아-크 발생에 미치는 영향은 일반적으로 개로시의 아-크 발생 회수를 증가시키고, 개로시의 아-크 지속시간을 증가시키며, 흡습한 상태에서는 아-크발생에 의해 현저한 산화물 피막을 형성시킨다. (2) 접점의 아-크 개시전압은 청정접점이 오염후 습한 접점보다 높게 나타나고, 아-크 발생시 서-지전압의 최대치 및 아-크 지속시간은 이와 역순이다. 또한, 아-크 발생후 접점표면의 마모율은 오염후 습한접점이 청정접점보다 크게 마모되어 나타났다. (3) 개로시 접점 양단에서 발생하는 서-지 전압의 최대치와 아-크 지속시간은 접점의 부하회로의 조건에 따라 크게 변화하며, 특히, 인덕턴스 L 의 증가는 서-지 전압의 최대치 및 아-크 지속시간을 현저하게 증가시킨다. (4) 개로시 접점양단에 콘덴서를 투입시킴으로서, 단속 아-크를 소호시킬수 있었으며, 저항이 일정할 때, 인덕턴스 값이 클수록, 그리고 인덕턴스가 일정할 때, 저항이 적을수록 단속 아-크를 소거시키는데 콘덴서의 용량이 커짐을 알 수 있다.

Arcing and Quenching of the Contacts Contaminated with Salt Content

Lee, Jong Ho · Lee, Kyu Chul · Hwang, Yeong Han
Dept. of Electrical Engineering

* 전기공학과 대학원 박사과정

* 본 연구는 1992년도 울산대학교 교내 연구 지원비로 이루어졌다.

〈Abstract〉

This paper deals with the on-off characteristics of electromagnetic relay contact contaminated by Nacl.

In this paper, We have studied the characteristics of on-off voltage waveform, the contact erosion, contact surface analysis by SEM and EDAX under changed R-L-C parameter of testing circuit.

After considers these result, We have tried to improve the diagnosis method and developed the contacts.

As results,

- 1) The arc duration time(off) and the numbers of arc occurrence characteristics are depended on contamination degree. The contamination degree is high when the arc characteristics is high.
 - 2) Under clean condition, Arc occurrence voltage, surge peak voltage, arc duration time and the rate of contact erosion is lower wet condition.
 - 3) Surge peak voltage and arc duration time is depended on L parameter.
When L is high, the arc characteristics is high.
 - 4) The arc quenching characteristics is occurred at parameter C is high.
When L is increased(R const.) or R is decreased(L const.), C is high to eliminate the arc.
-

1. 서 론

현대 산업의 발달은 고도의 첨단 자동화 기술이 절실히 요구되고 있다. 최근 산업체의 자동화 경향은 전기 전자 부품의 소형화, 경량화 및 고신뢰도가 요구되어 왔으며, 이에 따라 접점의 무접점화가 추진되어 왔다.^[1,2] 그러나 신호처리 부분에서는 유접점 릴레이의 무접점화가 착실히 추진되었으나 제어 릴레이 및 전자접촉기등의 강전류 분야에서는 전자(電磁)릴레이의 무접점화에 대한 연구가 별다른 진전이 없는 상태이다. 이는 전자 릴레이 접점에서의 전압강하는 약 0.1[V]인데 비하여, 반도체 소자에서는 1~1.5[V]에 달하고 있어.^[3,4,5] 이러한 전압강하에 의한 전력손실은 물론 그로 인한

발열은 오동작을 유발시킬 확률이 높으므로, 발생하는 열을 발산하기 위하여 무접 점릴레이에서는 큰 냉각면적을 필요로 한다. 이로 인하여 전자 릴레이에 비해 대형화 및 초고 가로 되기 때문에, 무접점화가 적극적으로 추진되지 않고 있다. 더우기, 반도체 소자에서의 큰 전압강하는 반도체 본래의 성질에 의한 것으로 이 값을 현저하게 저감시킬 수 있는 방법은 현재로선 거의 없는 실정이다.

전자 릴레이로서 신호처리용 데시밀 코드(decimal code)로 구성할 경우에는 체적, 전력손실, 가격면에서 10배 이상이 되지만, 강전류 부하회로 개폐의 경우는 전자 릴레이가 무접점식보다 유리하다.

전자 릴레이는 접점의 개방후 확실한 절연간격을 유지할 수 있는 장점은 있으나 접촉불량, 접점의 소모, 접점교락 등의 많은

문제점을 가지고 있으므로,[^{5,11}] 이러한 문제점들의 정확한 파악 및 해결이 중요한 연구 과제로 제기 되고 있다. 이러한 문제점으로부터 접점의 신뢰도를 향상시키기 위한 전자 릴레이 및 강전류 개폐의 문제에 대한 국내에서의 연구는 아직 초기단계를 벗어나지 못하고 있으나, 외국의 경우에는 상당한 수준에 달하고 있다. 특히, 주위환경에 의한 접점의 오손에 관한 많은 연구[^{9,10}]가 보고되고 있다.

본 연구는 산업체 제어기기용 전자릴레이의 접촉불량 원인중의 하나인 염분(NaCl)으로 오염된 접점의 개폐 아-크특성을 규명하고, 아울러 개폐시의 전압파형, 표면손상 형태, 마모된 표면의 성분분석, 실험회로 정수 변화의 실험결과를 분석·검토하여 실부하에 사용되는 릴레이 접점의 진단 및 개선방법에 대하여 고찰하였다.

2. 실험방법

본 실험에서 사용된 전자 릴레이는 OMRON TATEISI Electron社 제품으로서 제품에 대한 제원은 (표 1)와 같다.

표 1. 전자릴레이의 개요

Table 1. A summary of electron relay

정격 전압	DC 240V
정격 전류	DC 10A
코일정격전압	DC 24V
코일정격전류	25 mA
코일 저항	600 [Ω]
접점 재료	銀산화피막 Cu접점
접점 수 명	정격부하 2×10^5
접점 형식	2a, 2b 접점

위의 릴레이를 사용하여 건조한 대기중에서 접점에 오염이 없는 경우와 접점표면에 염분(NaCl)을 인위적으로 오염 시켰을 경

우에 대한 접점의 개폐 아-크 특성을 고찰하였다.

본 연구에 사용된 염수(鹽水)로는 염소 함유량이 약 20% 정도이다. 이러한 해수를 스프레이(spray)분사 방식으로 분무하여 단위 면적당 평균 분무율을 측정한 후, 접점의 염분(NaCl)오염도를 계산하였다. 본 실험에서 사용한 접점은 직경 3.3(mm)인 원형 평판접점을 사용하였다. 이때 스프레이(Spray)분사 회수에 따른 단위면적당 NaCl 함유량을 표 2에 나타내었다.

표 2. 분무횟수에 따른 염분 함유량
(단위 $\mu\text{g}/\text{Cm}^2$)

Table. 2. Salt contents due to the number of spray

함유량	분무횟수	1차	2차	3차	4차	5차
염분 함유량		0.6	4.3	8.1	11.8	15.0

그림 1은 본 실험장치의 개략도를 나타내고 있다. 그림에서 유도부하는 직경 0.2 [mm]의 절연동선을 소형 변압기 철심에 수천회까지 감아서 사용하였으며, 부하면동에 따른 아-크특성을 구할 수 있도록 매 100회마다 인출한 탭(tab)을 사용하여 인덕턴스 L을 변화시켰다. 실험에 사용한 인덕턴스 L의 범위는 50[mH]~1.6[H]이며, 1.6[H]에서 정전용량 약 14[pF]이다. 한편, 저항부하는 50[Ω]저항을 여러개 조합하여 저항값을 변화시켰다. 또한, 그림에서 r은 접점회로 전류 측정용의 무유도 저항으로 약 13 [mΩ]을 사용하였으며, 이 양단에 나타나는 전압 및 전류를 OP-AMP로서 증폭하여 Oscilloscope로 측정하였다. 그리고 K는 릴레이 접점이며, C는 아-크소거 회로용으로 사용된 정전용량을 나타낸다.

본 연구의 실험은 R, L 및 C의 값이 변할 경우에 접점간에 전압 및 전류파형을 오실로스코우프(Gold Star, Digital Stroag

Osilloscope Vc-6165)로 관찰하였다. 이를 과정에서 접점간에 나타나는 서-지(Surge)전압의 최대치와 아-크 지속시간을 산정하였다. 그리고 실험시 외란의 영향을 배제하기 위하여 R-L-K-r-R인 주회로를 알루미늄 쉴드 케이스(Al Shield Case)내에 두고 실험하였다. 주어진 각 조건에 따

라 실험을 행한후, 릴레이 접점을 전자현미경 사진(SEM: Scanning Microscope: JEOL, JSM-826, Japan)으로 표면마모 및 파손 형상을 관찰하고, X-Ray 방법에 의한 오손된 릴레이의 표면 성분분석도 아울러 행하였다.

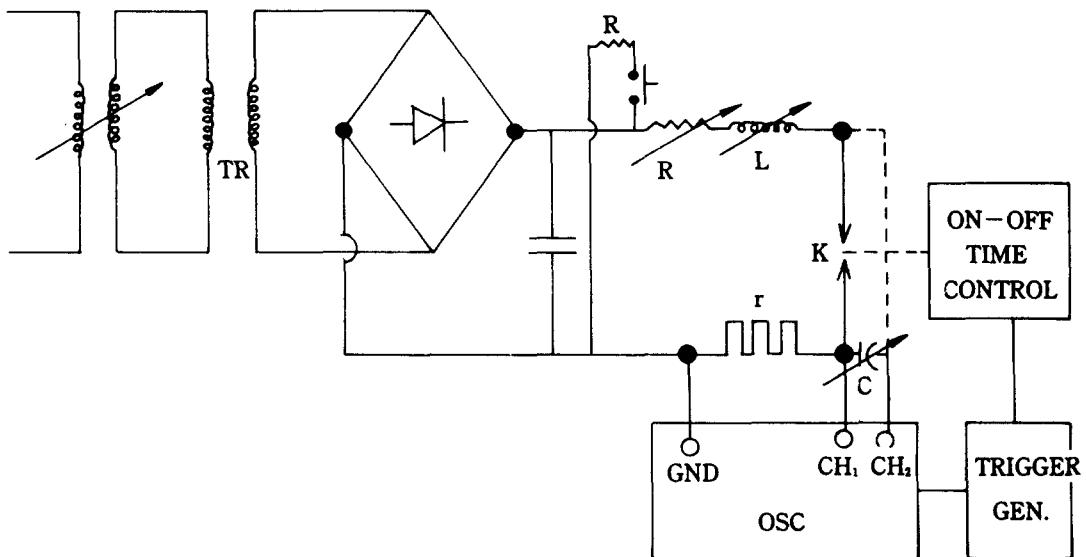


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

3. 실험결과 및 고찰

3-1. 오손된 접점의 개폐 아-크 특성

그림 2는 본 연구의 회로에서 R 및 L 값이 각각 $650[\Omega]$ 및 $550[mH]$ 이고, 접점과 병렬로 연결된 과정측정용 케이블의 분포용량(본 실험에서 사용한 정전용량은 약 $12pF$)과 인덕턴스에서의 병렬 분포용량(본 실험의 경우 $1.6H$ 에서 약 $14pF$)을 가

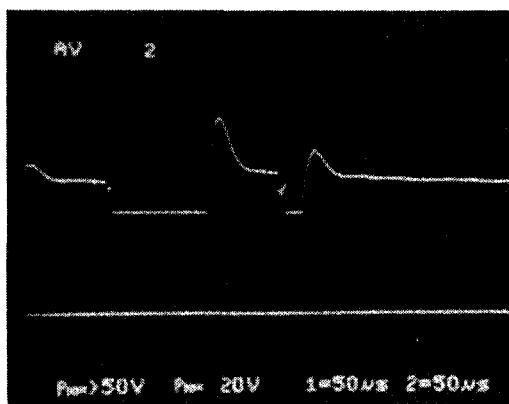
질 경우의 개폐 아-크전압 및 전류파형을 나타내고 있다. 그럼 2에서 첨자 a는 접점의 폐로의 경우를, 첨자 b는 개로의 경우를 각각 표시하며, 각 경우의 조건은 아래와 같다.

1a(혹은 1b): 전조한 대기중의 청정접점인 경우(오손이 없는 경우)

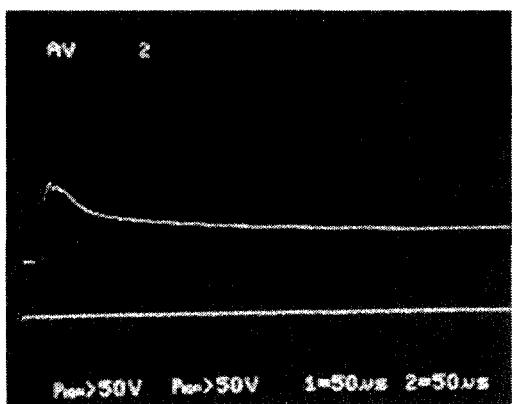
2a(혹은 2b): 염분이 희석된 수분을 1차 분사하여 접점을 300°C 에서 상대습도 60%에서 1시간동안 두었을 경우(NaCl량: 0.6

그림 2의 결과를 폐로 및 개로시의 경우로 나누어 분석 검토하면 아래와 같이 서술

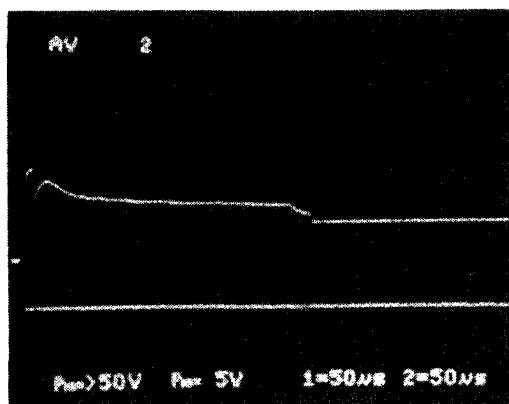
할 수 있다.



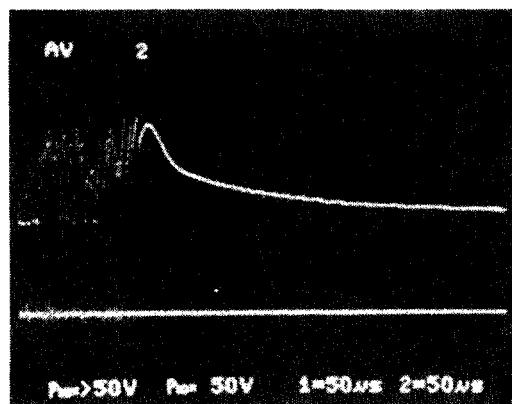
1. (a) 청정접점 (건조한상태)



1. (b) 청정접점 (건조한상태)



2. (a) 염분으로 오염된 접점 (습한 상태)



2. (b) 염분으로 오염된 접점 (습한 상태)

Fig. 2. Arc characteristics of contact on, of.

3-1-1. 접점 폐로시의 아-크 특성

그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 폐로시의 아-크는 간헐적으로 발생하였으며 그 발생회수는 1a, 2a 순으로 증가한다. 폐로시 아-크발생은 주로 접점 지지대의 스프링 정수에 의한 기계적인 개폐진동에 의하여 발생한다고 알려져 있으나,^[5, 10, 11, 17] 염분(NaCl)으로 오손 된 접점의 경우에는 초기 폐로상태에서 절연성 NaCl입자로 인하여

접점이 완전히 폐로하지 못하고 간헐적인 아-크가 발생하며, 이를 아-크로 인한 금속교각(Molten metal bridge)으로 폐로상태로 귀착되는 것으로 생각된다.

즉, 그림 2의 2a에서 볼 수 있는 것처럼 NaCl의 흡습으로 인하여 접점표면에 얇은 도전성 피막이 형성되어 접점의 폐로시 기계적인 진동현상과 주-울(joule)열에 의해 액체 피막이 비산되면서 아-크의 발생을 쉽게 하므로, 그림 2의 2(a)에서 알수 있는

바와 같이 많은 간헐적인 아-크를 형성한 후 폐로되는 것으로 생각된다. 이 이후 접점의 상태는 NaCl 입자와 접점 Ag피막의 비산현상과 아-크에 의한 접점표면의 손상 등으로 간헐 아-크의 수가 증가하고 아-크 지속시간도 길어진다. 그리고 폐로시 회로 전류는 접점회로의 R-L 소자에 의한 시정수에 의해 증가하여 정상전류가 된다.

3-1-2. 접점 개로시의 아-크 특성

유도성 부하회로의 개폐시 개폐 아-크에 의한 접점의 마모는 주로 접점 개로시에 나타나는 아-크발생이 주 원인으로 나타난다. [12,17] 이 같은 개로시의 아-크발생으로 인하여 접점피막 마모에 의한 접점 산화물, 유화물 및 구성부품의 유기재료 등에서 발생하는 가스가 접점표면에 부착되어 절연성 유기피막이 생성되어 접촉불량의 원인이 된다. 특히, NaCl과 같은 무기물은 건조상태에서는 접점상에 절연성 미립자나 부유 미립자로 잔존하게 되고, 수분을 함유한 경우에 접점표면에 도전성 피막을 형성시킴으로서 접점의 마모를 가속시키는 원인이 될 수도 있다.

일반적으로 개로시의 아-크발생에 의한 접점소모량 W는 다음과 같이 표현된다.

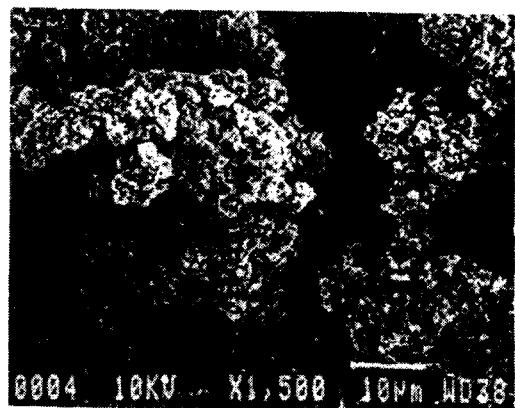
$$W = \alpha I t \text{ [watt]}$$

여기서 α 는 접점재료 및 접점형상에 의해 정해지는 상수이며 I는 아-크전류 t는 아-크 지속시간이다. 즉, 회로정수가 일정한 경우, 아-크 지속시간 t는 접점 마모량 혹은 접점수명과 관계가 있는 중요한 인자임을 알 수가 있다.

그림 3과 그림 4는 전자릴레이 접점을 청정 및 인위적으로 1차 오염을 시킨 습한 상태에서 접점을 1만회 동작시킨 후 아-크 발생으로 인한 접점표면의 마모형상과 성분분석을 나타내고 있다. 이때 그림 4의 성분분석에서 보면 청정접점(그림 4a)은 표면 피막으로된 Ag가 비산되어 벗겨지고 접점내부의 Cu가 나타나므로서 접점표면이 서서히 마모됨을 알 수 있다. 이와 반면, 오염된 접점의 성분분석(그림 4b)에 의하면, Cu성분 뿐만 아니라, Ca, Cl, 및 P 성분도 나타나 접점표면의 마모원인이 이를 성분의 오염으로 인한것으로 생각 할 수 있다.



(a) 청정접점 (동작횟수: 1만회)



(b) 염분으로 오염된 접점 (동작횟수: 1만회)

Fig. 3. Abrasion shape of contact surface.

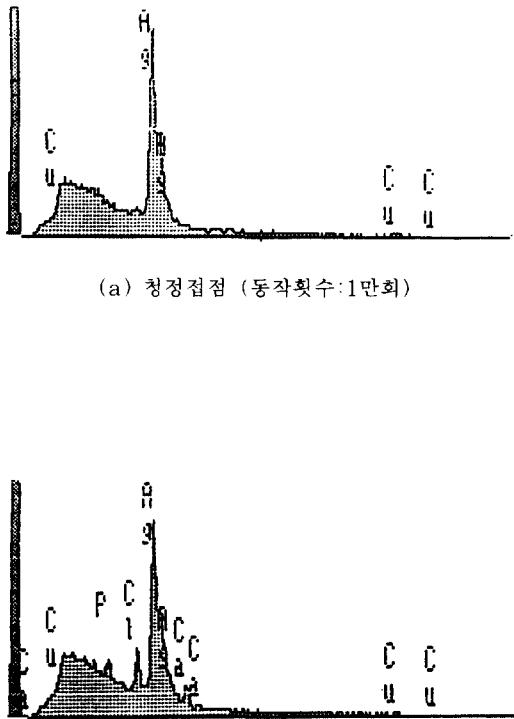


Fig. 4. Composition analysis of contact surface.

$\mu\text{g}/\text{Cm}^2$

그림 5는 실험회로에서 $R=650[\Omega]$ 으로 일정하게 하였을 때, 인덕턴스 값의 변화에 따른 아-크 발생전압 특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 아-크 발생전압 특성은 인덕턴스 값이 커질수록 오염조건에 상관없이 서서히 감소하고 있으며, 청정접점의 경우가 오염후 습한상태의 접점보다 아-크 발생전압이 높게 나타났다. 또한, 오염도가 높을 수록 초기 아-크 발생전압이 더욱 낮게 나타남을 알 수 있다.

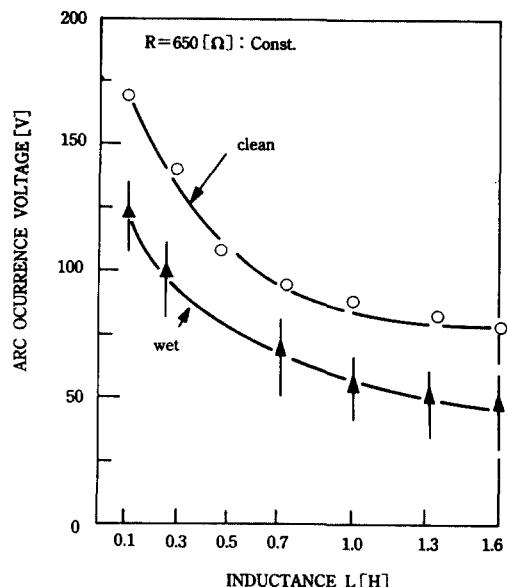


Fig. 5. Inductance - arc occurrence voltage characteristics as parameter of contamination degree.

그림 6은 부하회로를 $650[\Omega]$ 으로 일정하게 하였을 때 오염량에 따라 초기 아-크가 발생하였을 때의 인덕턴스 값의 변화에 따른 서-지 전압의 특성을 나타내고 있다. 그림에서 서-지 전압의 특성은 인덕턴스 값이 커질수록 높게 나타나며 접점의 오염도가 심할수록 높게 나타났다.

그림 7은 그림 6의 조건에서 오염조건에 따른 개폐시 접점사이의 아-크 지속시간을 나타내고 있다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 인덕턴스 값이 커질수록 아-크 지속시간이 길어지며, 또한 오염도가 높을수록 역시 아-크 지속시간이 더욱 길어짐을 알 수 있다.

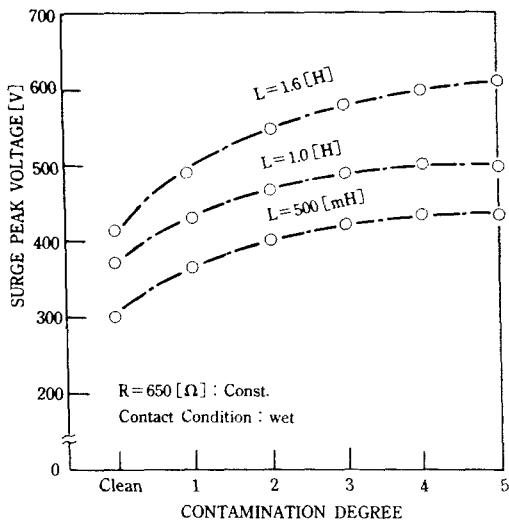


Fig. 6. Contamination - surge peak voltage characteristics as parameter of inductance.

그림 8은 $L = 500 \text{ [mH]}$ 로 일정하게 하였을 때, 오염도에 따른 서-지 전압특성을 나타낸다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 오염도가 높을수록 서-지 전압이 높게 나타났으며 저항이 적을수록 서-지 전압이 높게 나타났다.

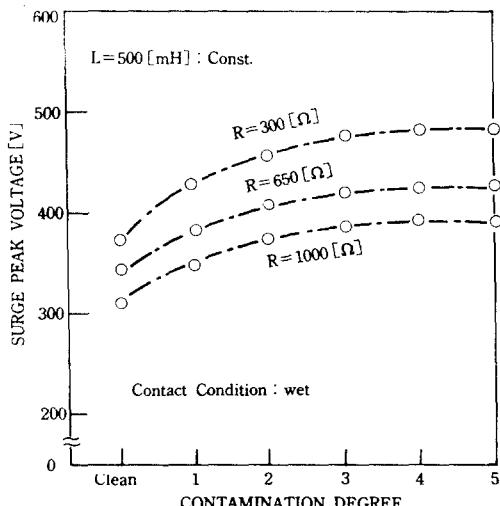


Fig. 8. Contamination - surge peak voltage characteristics as parameter of resistance.

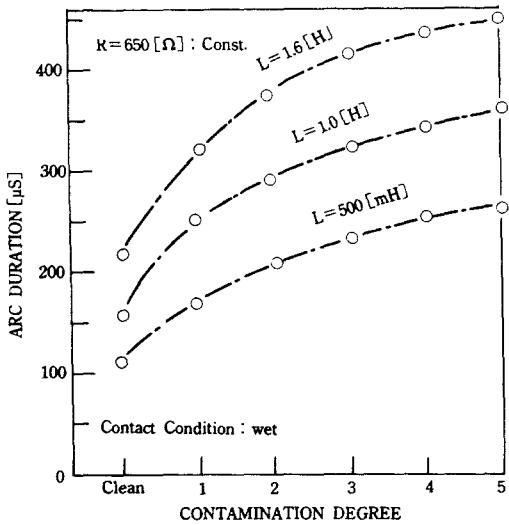


Fig. 7. Contamination - arc duration characteristics as parameter of inductance.

그림 9는 $L = 500 \text{ [mH]}$ 로 일정하게 하였을 때, 오염도에 따른 아-크 지속시간 특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 오염도가 높을수록 아-크 지속시간이 길어지며 저항이 적을수록 아-크 지속시간이 길어짐을 알 수 있다.

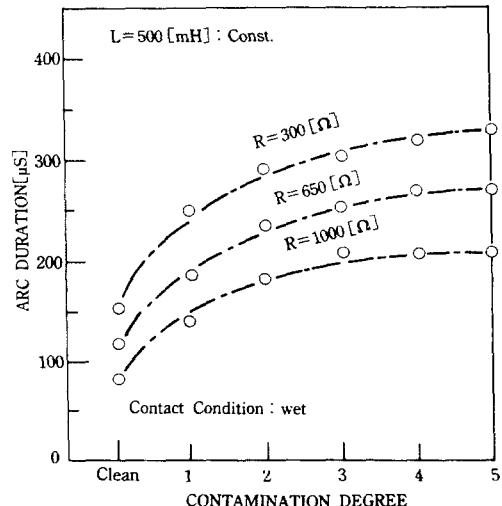


Fig. 9. Contamination - arc duration characteristics as parameter of resistance.

한편, 전조상태에서 접점표면의 NaCl은 개폐동작에 의해 접점간에 미립자로 존재하게 되어 아-크 지속시간이 청정접점에 비해 증가되는 것으로 생각되며, 오염된 후 흡습한 상태 일 때의 접점의 개로시의 아-크 발생과정은 그림 10의 간이모델로서 설명할 수가 있다.

그림 10에서 (a)의 폐로 위치에서 개리(開離)할 경우는 (b)그림과 같이 정전적 인력 및 유도성 액체의 표면장력에 의하여 접점간의 교량이 형성된다. 더욱 접점간격이 커지면 (c)그림과 같이, 교량된 액체는 주울(Joule)열에 의하여 증발, 열전리 및 비산하게 되고, 청정 접점인 경우에 비하여 낮은전압에서 쉽게 아-크가 발생하고 아-크 지속시간도 증가한다고 생각된다.

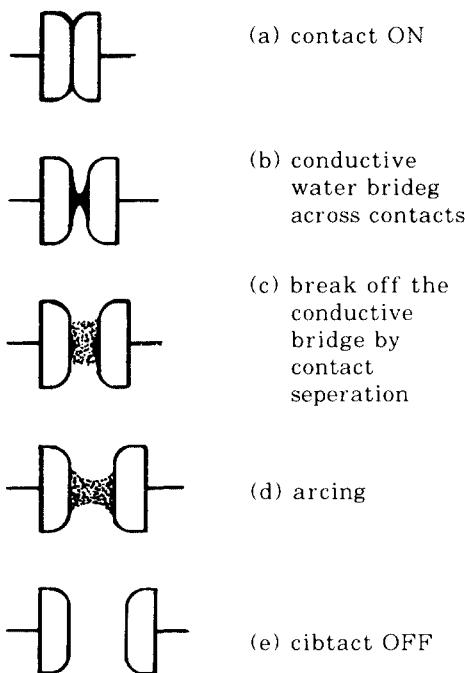


Fig. 10. A process of contact opening conductive condition of wet with contamination.

접점소모와 밀접한 관계가 있는 단속 아-크(Showering arc)의 발생은 Curtis에 의해 발견된 후 이의 원인을 규명하기 위해 많은 연구가 진행되어 왔다. 단속 아-크의 발생기구로는 전계 방출에 의한 접점간격의 절연파괴 및 Paschen의 곡선에 의해 지배되는 공기절연파괴를 들 수 있다.^[12, 20, 21]

그림 11(a)는 대기압 하에서 릴레이 접점 양단에 발생하는 서-지 전압과 Paschen 곡선과의 상관관계를 나타내며, 그림 11(b)는 실제 접점간격에서 절연파괴 특성을 시간축으로 나타낸 것이다.^[12]

먼저, 그림 11(a)에서 전계 방출에 의한 절연파괴는 접점간격 d 가 Paschen의 최저점에 상당하는 간격 d_m 보다 적은 경우에 발생하며, 이 때 접점양단에 나타나는 전압을 V_0 라 하면 전계 $E = V_0/d$ 로 주어진다. 특히, Pearson은 d_m 이하에서 금속접점의 교량의 발생원인은 접점간의 정전인력과 전계방출에 의한 전자 충돌에 의해 접점이 가열되기 때문에 일어나는 것으로 해석하고 있다.^[22]

한편, 공기 절연파괴는 $d > d_m$ 의 경우에 발생하며, 이 경우는 전자사태(electron avalanche)에 의한 절연파괴가 생길 수 있는 충분한 접점간격을 갖게 되므로 Paschen 곡선에 의해 지배되는 영역이다. 그림 11(a)에서 전계방출에 의한 금속 교량현상은 초기접점의 수 A 에 해당하며, 접점 아-크에 거의 영향을 미치지 못하므로 공기절연파괴 부분만을 생각한다. 이 경우 접점양단에 가해지는 회로전압이 Paschen 곡선에서 최저 파괴점을 초과할 때 접점사이에 아-크가 발생하며 방전후 다시 선로 정전용량, 회로상의 정전용량 및 개로시 접점간의 정전용량 등에 충전되어 재 아-크가 발생하며, 이러한 동작의 연속으로 단속 아-크가 형성됨을 알 수 있다.

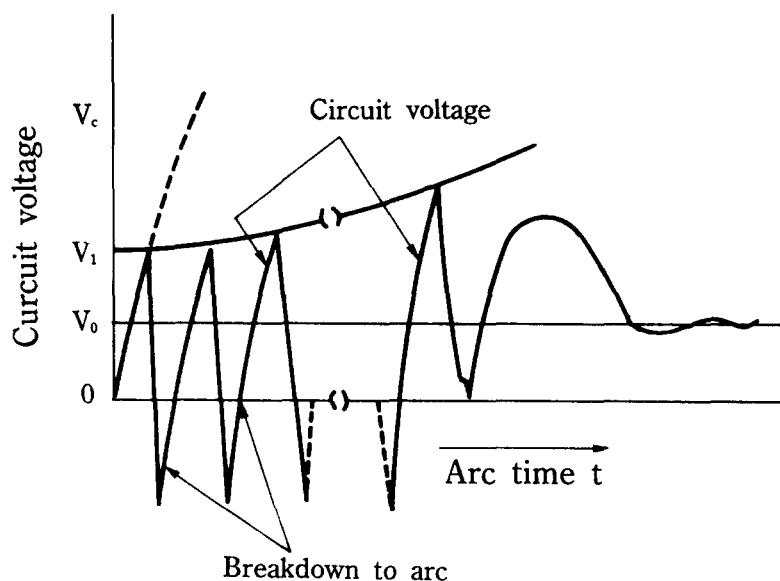
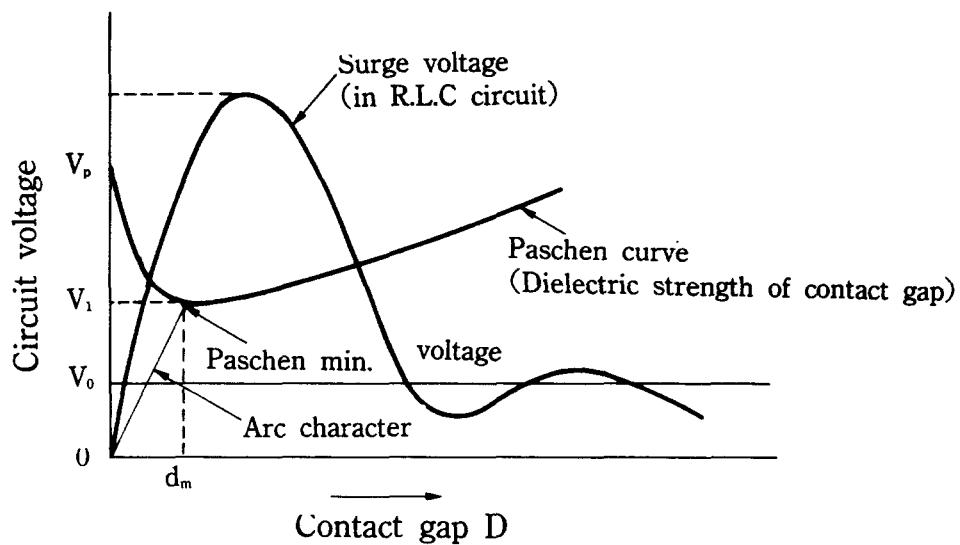


Fig. 11. comparison surge curve and Paschen curve²²⁾.

일반적으로 Paschenn의 법칙은 다음과 같이 나타낼 수 있다.⁽²¹⁾

$$V_p = \frac{B (pd)}{G + \ln (pd)} \quad (1)$$

여기서

$$G = \ln \frac{A}{\ln (1 + 1/f)} \quad (2)$$

V_p 는 아-크 개시전압이며, P 는 압력, d 는 전극간 거리이며, A 는 정수, f 는 기체의 절연파괴시 1개의 정이온이 음이온과 충돌했을 경우의 전자의 방출확률이다.

3-2. 릴레이 접점의 개로시 아-크 특성에 미치는 회로부하의 영향

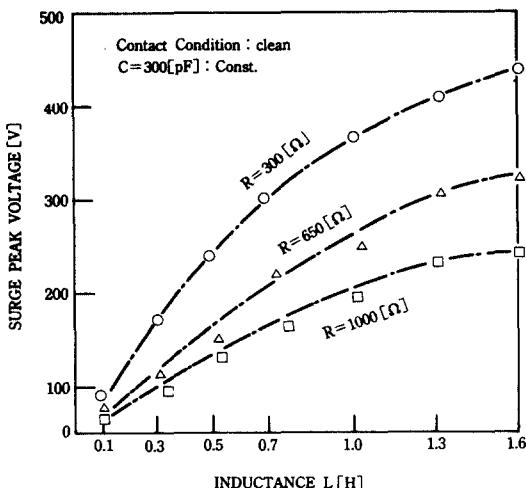


Fig. 12. Inductance - surge peak voltage characteristics as parameter of resistance.

그림 14의 (a), (b) 및 (c)는 $R = 650$ [Ω], $C = 300$ [pF]일때 인덕턴스 값의 변화에 따른 릴레이 접점 양단에 걸리는 아-크전

본 절에서는 R, L 및 C의 값이 변할 경우 접점마모의 주 원인인 오염도에 따른 접점 개로시의 아-크 특성을 중점적으로 고찰하였다. 접점의 오염은 표 2와 같이 하여 아-크 특성을 조사한 후, 다른 조건하에서의 아-크 파형도 함께 관찰하였다.

그림 12와 그림 13은 접점회로의 부하를 $C = 300$ [pF]로 하였을 때 인덕턴스 변화에 따른 서-지 피크 전압특성 및 아-크 지속시간특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 인덕턴스가 클수록 서-지전압의 최대치는 높아지며, 아-크 지속시간이 길어지고 있음을 알 수 있다. 한편, 각 저항이 작아지면 동일 인덕턴스에 있어서의 서-지전압 최대치와 아-크 지속시간이 현저하게 증가하고 있음을 알 수 있다.

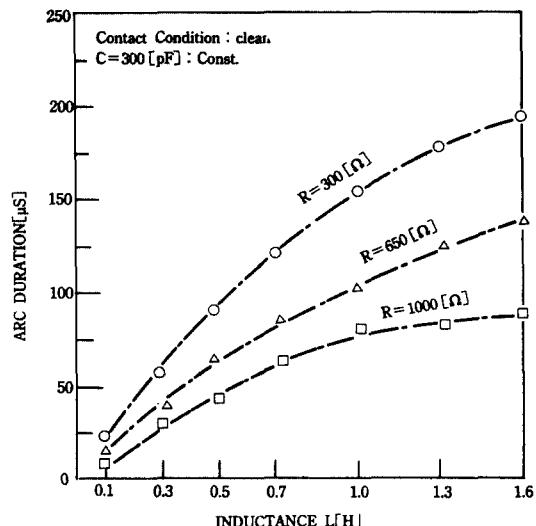
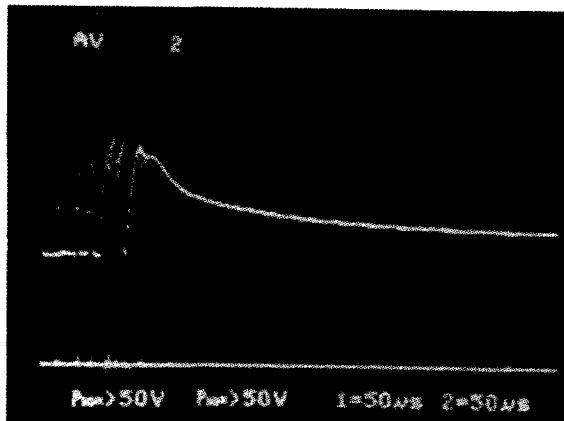
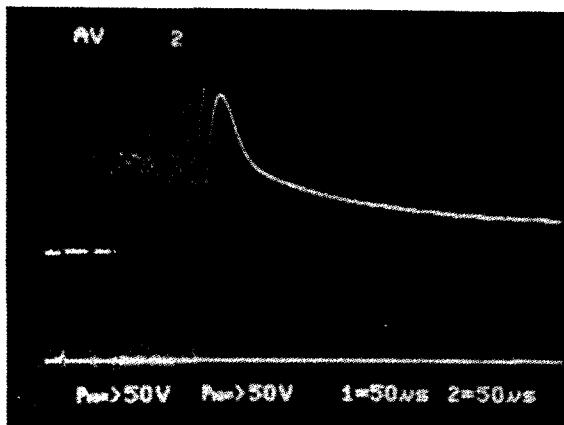


Fig. 13. Inductance - src duration characteristics as parameter of resistance.

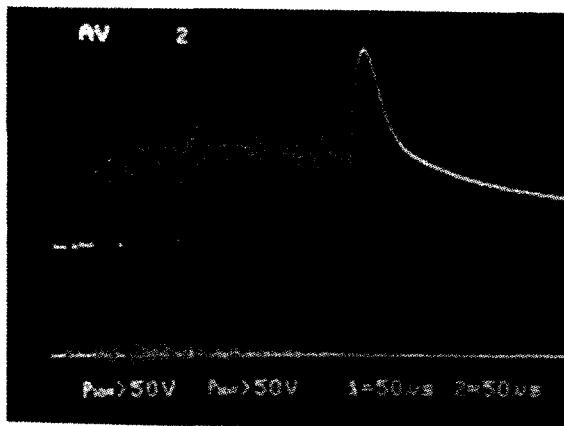
압의 파형을 나타내고 있다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 L 값이 커질수록 접점사이에 발생하는 서-지 전압이 높아지고, 아-크 지속시간은 점차 길어지고 있음을 알 수 있다.



(a) $R=650 [\Omega]$
 $C=300 [pF]$
 $L=100 [mH]$



(b) $R=650 [\Omega]$
 $C=300 [pF]$
 $L=550 [mH]$



(c) $R=650 [\Omega]$
 $C=300 [pF]$
 $L=1.2 [H]$

Fig. 14. Voltage and current waveforms contact as parameter of L.

그림 15는 릴레이 접점을 청정 접점으로 하고 부하회로에서 $R=650[\Omega]$ 으로 일정하게 하였을 때, 회로에 투입되는 정전용량 C의 변화에 대한 접점간의 서-지전압 최대치의 특성을 나타내고 있다. 그림에서 회로에 투입되는 정전용량 C가 커질수록, 회로부하 L의 값이 작아질수록 접점간의 서-지 최대전압은 점차적으로 낮아짐을 알 수 있다.

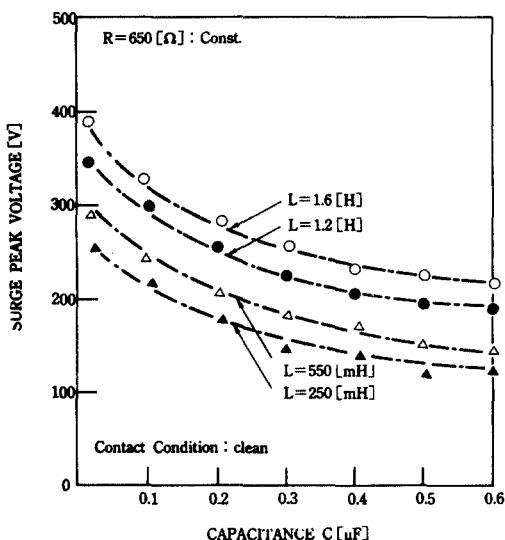


Fig. 15. Capacitance - surge voltage characteristics as parameter of inductance.

그림 16은 릴레이 접점을 청정 접점으로 하고, 부하회로의 $L=550[mH]$ 로 일정하게 하였을 때, 회로에 투입되는 정전용량 C에 따른 접점간에 나타나는 서-지 최대전압 특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 회로에 투입되는 정전용량 C가 커질수록 서-지전압은 감소하고 아울러 회로저항 R이 증가할 수록 서-지 최대전압은 감소하는 경향을 보이고 있다.

그림 17은 릴레이 접점을 청정 접점으로

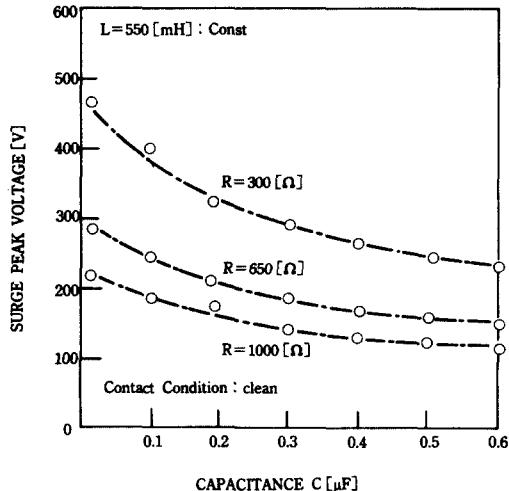


Fig. 16. Capacitance - surge voltage characteristics as parameter of resistance.

하고 부하회로 중 $R=650[\Omega]$ 으로 일정하게 하였을 때 회로에 투입되는 정전용량 C에 따른 아-크 지속시간특성을 나타내고 있다.

이 그림에서 알수있듯이 아-크 지속시간은 각각의 C값에서 회로상에 투입되는 정전용량 C가 증가할수록 아-크 지속시간은 현격하게 줄어듬을 알 수 있다. 또한, 이 그림에서 각각의 인덕턴스 L 값에서 일정 정전용량이상 투입되면 아-크 소멸영역이 나타남을 알 수 있다.

그림 18은 릴레이 접점을 청정접점으로 하고 회로부하중 $L=500[mH]$ 으로 일정하게 하였을 때 회로에 투입되는 정전용량 C에 따른 아-크 지속시간 특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 알수 있듯이 아-크 지속시간은 회로부하중 각각의 저항값에서 투입되는 정전용량 C가 커질수록 줄어듬을 알 수 있다. 또한 각각의 저항값에서 일정용량 이상의 C가 투입되면 아-크가 소멸되는 영역이 있음을 알 수 있다.

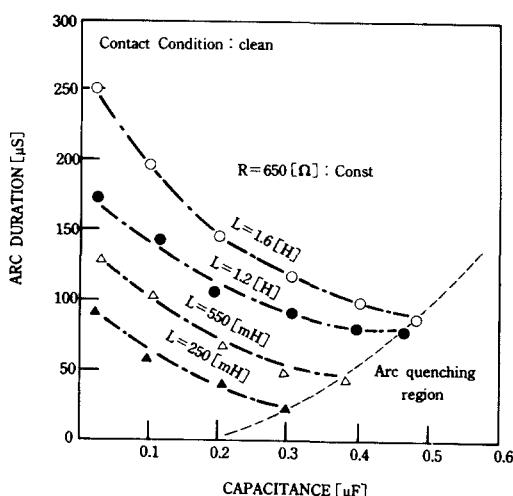


Fig. 17. Capacitance - arc duration characteristics as parameter of inductance for arc elimination.

그림 19는 릴레이 접점회로에서 $R=650 \Omega$, $L=50[mH]$ 인 경우 C 값의 변화에 대한 접점양단의 아-크 전압파형을 나타내

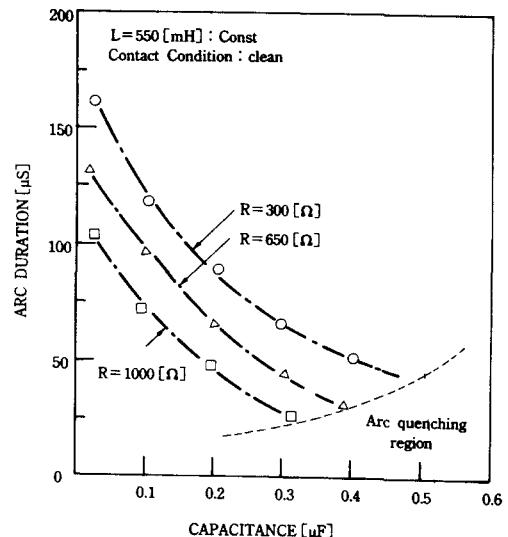
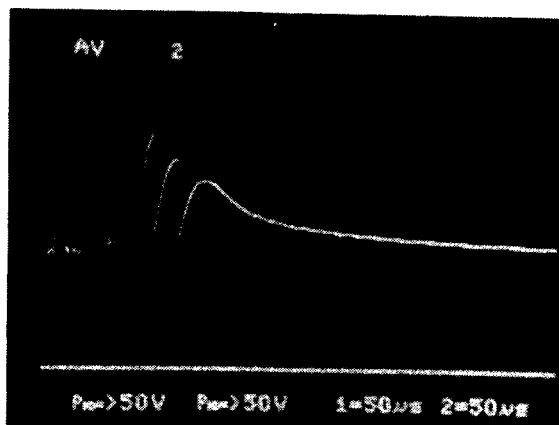


Fig. 18. Capacitance - arc duration characteristics as parameter of inductance for arc elimination.

고 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 C 값이 증가할수록 접점사이에 발생하는 서-지전압의 피크치가 감소하고 아-크 지속시간도 짧아짐을 알 수 있다.



(a) $R=650 \Omega$
 $L=550 [mH]$
 $C=0.1 \mu F$

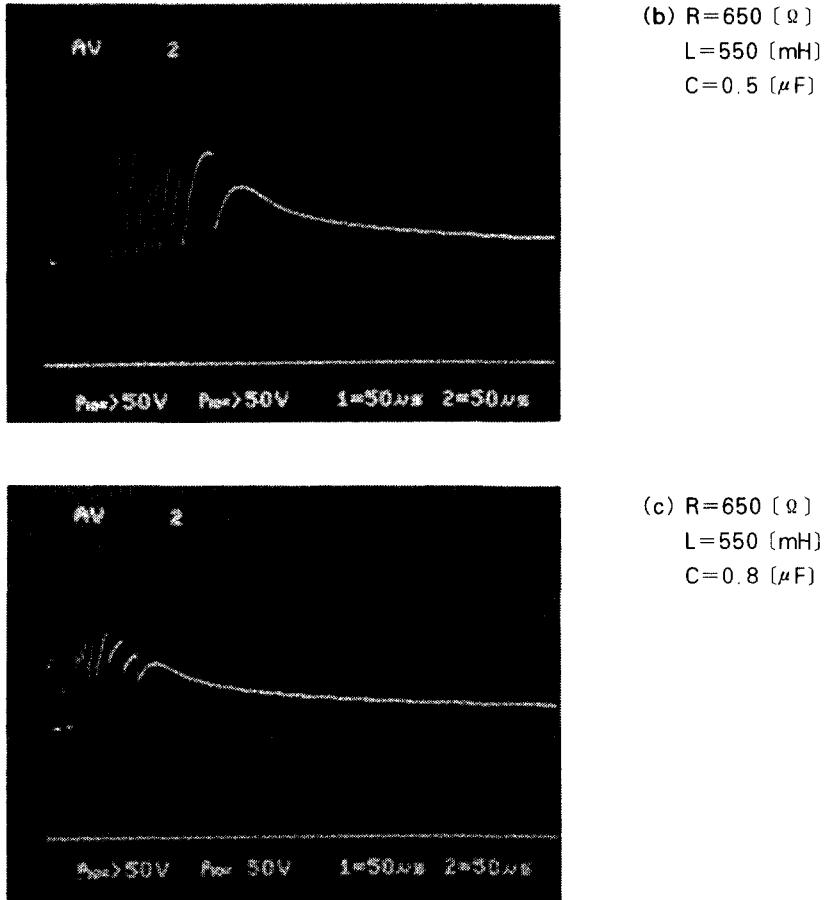


Fig. 19. Voltage and current waveforms contact as parameter of C.

의 아-크 소멸점이 나타남을 알 수 있다.

그림 20은 저항값을 $R=300 \Omega$, $R=600 \Omega$, $R=1000 \Omega$ 으로 하였을 때 아-크 소멸시 정전용량에 대한 인덕턴스 변화를 나타내고 있다. 그림에서 보면 저항이 증가 할수록, 인덕턴스가 감소할수록, 작은 정전용량 값에서 릴레이 접점 개로시의 아-크가 소멸함을 알 수 있다. 또한, 이 그림에서 각각 저항값에 대한 C-L특성곡선에서 각 곡선을 경계로 하여 오른쪽 영역 즉, C가 증가하여 C-L 특성곡선상의 C값 이상이 되면 주어진 회로 조건 하에서 접점개로시

4. 결 론

전자 릴레이 접점의 개폐 아-크에 미치는 염분 및 회로부하의 영향에 대한 실험 결과 및 고찰에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 염분에 의한 접점표면의 오손에 따라 접점 개폐시의 아-크 발생에 미치는 영향은 일반적으로 개로시의 아-크 발생회수를 증가시키고, 개로시의 아-크

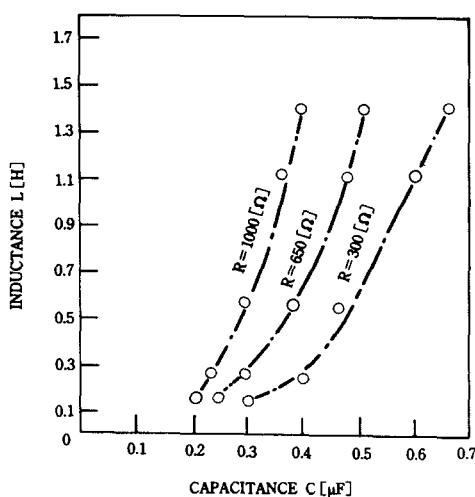


Fig. 20. Capacitance - inductance characteristics for arc elimination.

지속시간을 증가시키며, 흡습한 상태에서는 아-크발생에 의해 현저한 산화물 피막을 형성시킨다.

- (2) 접점의 아-크 개시전압은 청정 접점의 경우가 오염후 습한 접점보다 높게 나타나고, 아-크 발생시 서-지전압의 최대치 및 아-크 지속시간은 이와 역순이다. 또한, 아-크 발생후 접점표면의 마모율은 오염후 습한접점의 경우가 청정 접점보다 크게 마모되어 나타났다.
- (3) 개로시 접점 양단에서 발생하는 서-지전압의 최대치와 아-크 지속시간은 접점의 부하회로의 조건에 따라 크게 변화하며, 특히, 인덕턴스 L의 증가는 서-지 전압의 최대치 및 아-크 지속시간을 현저하게 증가시킨다.
- (4) 개로시 접점양단에 정전용량을 투입시킴으로서, 단속 아-크를 소호시킬수 있으며, 저항이 일정할 시 인덕턴스 값이 클수록, 그리고 인덕턴스 가 일정할 시 저항이 작을수록 단속 아-크를 소호시키는데 콘덴서의 용량이 커짐을 알

수 있다.

참고문헌

- [1] 江口昇, “制御機器における電氣接點の現状と最近の進歩”, OHM, Vol. 65, NO. 12, pp. 36-39, 1978.
- [2] 西村文生, “コーサーサイトからみた電氣接點”, OHM, Vol. 65, NO. 12, pp. 41-44, 1978.
- [3] K. Samberger, “歐洲における低壓開発機の開発同郷”, OHM, Vol. 64, NO. 1, pp. 17-22, 1977.
- [4] 竹谷是辛, “將來におれる電氣接點の同郷”, OHM, Vol. 65, NO. 12, pp. 47-50, 1978.
- [5] 土維金彌, “電氣接點技術” Chapter 1, 総合電子出版社, 1982.
- [6] R.F. Snowball, Williamson, and R.C. Hack, “Ingress-Limited Corrosion of Contacting Surface”, IEEE Trans., Part. Materials, and Packaging, Vol. PMP-3, NO. 3, pp. 82-88, 1967.
- [7] M. Antler, W.H. Abbott, W.E. Compbl, S.M. Garte, “The Effect of Environmental Electrical Contact: A Discussion at the 1973 Holm Seminar”, IEEE Trans., Part. Hybrids, and Packaing, Vol. PHP-11, NO. 1, pp. 57-67, 1975.
- [8] Morton Antler and Jerry J. Dunbar, “Environmental Test for Connector and Contact Materials: An Evaluation of a Method Involving Sulfur Dioxide”, IEEE Trans., Components, Hybrids, and Manugacturing, Vol. CHMT-1, NO. 1, 1978.
- [9] Gizella Kovac, “Failure Analysis of Contaminated Gold-Plated Connector Contacts from Operating Communication Equipment”, IEEE Trans., Com-

- ponents, Hybrids, and Manufacturing, Technology, Vol. CHMT-5, NO.1, 1982.
- [10] R. Holm, "Electric Contacts" Almquist and Wiksell, Boktryc Keri Aktiebolag, Uppsala, 1946.
- [11] P. Barkan, "A Study of the Contact Bounce Phenomenon", IEEE Trans., Power, Apparatus, and System, Vol. PAS-86, NO. 2, 1967.
- [12] Harold N. Wager "Predicting the Erosion of Switching Contacts That Break Inductive Loads", IEEE Trans., Vol. PMP-5, NO. 1, 1969.
- [13] W.H. Abbott, "Effects of Industrial Air Pollutants on Electrical Contact Materials", IEEE Trans., Vol. PHP-10, NO. 1, 1974.
- [14] Paul P. Koren, Martin D. Nahemow, Paul G. Slade, "The Molten Metal Bridge Stage of Opening Electric Contacts", IEEE Trans., Vol. PHP-11, NO. 1, 1975.
- [15] Eoin W. Gray, Julian R. Pharney, "Statistical Behavior of Break Arc Duration and the Minimum Arc Sustaining Current", IEEE Trans., Vol. CHMT-2, NO. 1, 1979.
- [16] Ben-Zion Sandler, Alexander A. Slonim, "Experimental Investigation of Relay Contact Dynamics", IEEE Trans., Vol. CHMT-3, NO. 1, 1975.
- [17] Masahiro Watanabe, Munehisa Kishimoto, Yutaka Hiratsuka, Shoichi Mitani, Toshiyuki Mori, "Study of Contact Failures Caused by Organic Contamination on Ag-Si Contacts", IEEE Trans., Vol. CHMT-5, NO. 1, 1985.
- [18] R.G. Baker, Bell Laboratories, Murray Hill, "Essais de Corrosion Acceleree de Composants - Une Science Qui se Developpe".
- [19] J. Potinecke, E. Pechhold, "Influence of Aggressive Gases on Contact Surface".
- [20] G.W. Mill, "The Mechanisms of Shorting Arc" Electric Contacts, pp. 107-119, 1968.
- [21] 田春生, "放電 哭 高電壓工學", 東明社, 1980.
- [22] 凤, "電氣接點 開閉接觸者", 極性堂出版, Chap. 3, 1948.