

대전력 시험용 Making Switch 특성에 관한 고찰

김원만*, 김선구, 노창일, 이동준, 박성균, 김선호, 김지환**
한국전기연구원

The study of characteristics of Making-Switch for Short Circuit Test

Won-Man Kim*, Sun-Koo Kim, Chang-Il Roh, Dong-Jun Lee, Sung-Kyun Park, Sun-Ho Kim, Ji-Hwan Kim**
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Making-Switch는 대전력 시험에 있어 가장 중요한 시험 설비중의 하나로 시험 회로를 최후에 폐로하여 전류를 피시험에 인가하는 역할을 한다. 정확한 시험을 위해 투입 위상각을 정밀 제어할 수 있어야 하며 이는 Closing time error에 따라 결정된다. 또한 빈번한 투입과 대전류 투입등의 가혹한 사용 조건하에서도 문제없이 동작하기 위해 각 부품에 따라 특수한 특성이 요구된다. 본 논문에서는 Making-Switch의 일반 사항 및 그 특성에 관하여 고찰하여 보았다.

component + DC component 를 가지는 비대칭 전류, 또는 AC component 만을 가지는 대칭전류로 표현 할 수 있다.

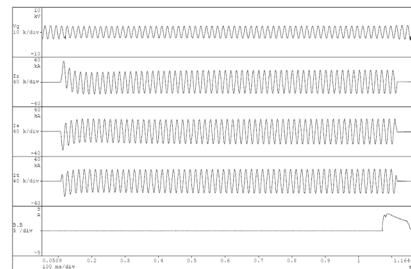
$$I = I_m [\sin(\omega t + \theta - \phi) + \sin(\theta - \phi) \times e^{-\frac{t}{\tau}}]$$

여기서, τ : 회로의 시정수, X/R
 $\theta - \phi$: 투입 위상각

1. 서 론

전력 수요의 증가에 따라 각종 전력기기도 대용량화되어 가고 있으며, 이와 더불어 높은 신뢰도가 요구되어 왔다. 한국전기연구원에서는 이러한 요구에 맞추어 대전력 시험설비를 이용한 시험 평가기술을 통하여 각종 전력기기의 국산화 및 신기술개발에 중추적 역할을 하고 있다. 대전력 시험이란 규정된 조건으로 전압, 전류의 대전력을 피시험에 인가하여 내력이나 특성을 평가하는 시험을 통칭한다. 이 시험을 위해서는 단락발전기, Backup-Breaker, Making-Switch, CLR&R(Current Limiting Reactor & Resistor) 등 많은 설비들이 필요하다. 이중 Making Switch는 시험전류를 투입(Making)하는 역할을 담당한다. 시험전류를 투입시점을 정확하게 제어하지 않으면 규정된 시험 시간 및 비대칭 전류의 크기 조정이 어렵기 때문에 정확한 시험이 불가능하기 때문에 대전력시험에 있어서 가장 중요한 설비중의 하나라 할 수 있다. 본 논문에서는 대전력시험의 이해를 돕기위해 기본적인 시험을 소개하며, Making Switch의 구조, 부품별 특성 및 동작 특성에 대하여 고찰하여 본다.

상기 식에서 알 수 있듯이 회로의 시정수 또는 Making-Switch의 투입 위상각을 제어함으로써 시험에서 요구되는 비대칭 전류의 크기를 제어할 수 있다.



<그림 2> 3상 단시간 전류시험 Oscillogram

2. 본 론

2.1 대전력시험

대전력 시험은 시험회로에 따라 단시간 전류시험, 단락 투입차단시험, 부하개폐시험, 충전전류 개폐시험, 유도전류 개폐시험 등이 있다. 이중 단시간 전류 시험은 피시험에 규정된 단락전류를 규정시간 통전하여 기계적/열적 스트레스에 대한 내력을 검증하기 위한 시험이며, 일반적인 3상 단시간 전류시험회로는 그림1과 같다. 시험은 Backup-Breaker를 Close 시키고 발전기 여자전압을 서서히 인가하여 적절한 시험전압에 맞추고 Making-Switch 를 투입하면 시험회로에 전류가 흐르게 되어 시

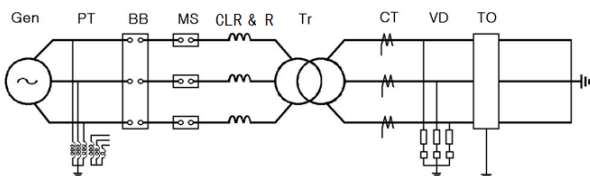
2.2 요구 특성

- 대전력 시험에 있어 Making-Switch는 다음과 같은 특성이 요구된다.
- 충분한 투입용량을 가질 것
 - 대전류 투입에 따른 접점의 손상이 작을 것
 - 빈번한 투입동작에서도 전기 및 기계적인 특성 변화가 작을 것
 - 투입시간이 정확하여 Closing time error가 작을 것
 - Closing time이 짧을 것

이러한 요구조건을 만족시키기 위하여 Making-Switch는 큰 투입력, 짧은 Stroke를 유지해야 하며, 투입시 선행 Arc로 인한 접점의 손상을 작게 하기 위하여 대부분 절연이 양호한 압축공기 중에서 개폐를 행한다.

2.3 구조 및 동작원리

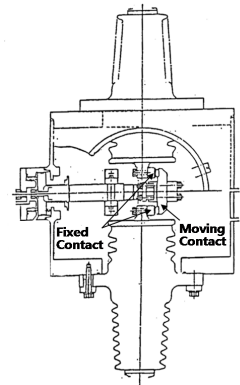
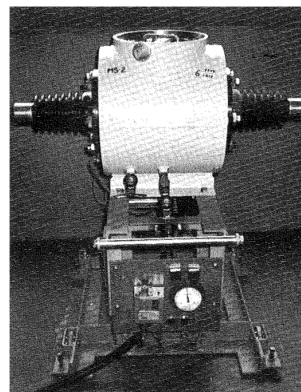
<그림 3>은 Making-Switch의 구조를 나타내며, ① Tank, Piston, Cylinder 등의 기구부와 ② Insulation Rod, Lead 등의 절연부 ③ Fixed Contact, Moving Contact의 접점부로 크게 구분할 수 있다.



- 여기서, Gen : Generator
PT : Potential Transformer
MS : Making-Switch
BB : Backup-Breaker
CLR & R : Current Limiting Reactor & Resistor
Tr : Transformer
CT : Current Transformer
VD : Voltage Divider
TO : Test Object

<그림 1> 3상 단시간 전류시험 회로도

험이 이루어진다. 상기 시험회로에 대하여 단시간(단락) 전류를 하기 수식과 같이 단락전류 시작 시점에 대한 전압의 위상각에 따라 AC



<그림 3> Making Switch의 구조

Making-Switch내에서의 전류 흐름은 다음과 같다.
Terminal → Contact Support Molding → Fixed Contact → Moving Contact → Fixed Contact → Contact Support Molding → Terminal

2.3.1 Close 동작

Making-Switch가 "Open"상태에서 Closing signal에 의해 Solenoid valve coil에 전류가 흐르면 Closing solenoid valve가 열리며 압축공기가 Control valve를 동작시켜서 Control valve가 열리게 된다. 이에 따라 Cylinder로 부터 압축공기가 추출되어 Piston이 Tank 내부의 압축공기에 의해 동작하게 되며 Moving Contact가 "Close" 된다.

2.3.2 Open 동작

Making-Switch가 "Close"상태에서 Trip Signal에 의해 Solenoid valve coil에 전류가 흐르면 Tripping solenoid valve가 열리며 압축공기가 Control valve를 동작시켜 Control valve가 닫히게 된다. Cylinder 내부와 Tank 내부의 압력이 동일하게 되어 Piston은 압축된 코일스프링의 탄성에 의하여 복원되어 Moving Contact가 "Open" 된다.

2.4 부품별 특성

2.4.1 기구부의 특성

접점은 압축공기에 의해 동작되는 Cylinder내의 Piston Rod에 체결되어 움직이도록 되어 있으며, 이 Piston은 Control valve assembly의 조정에 의해서 왕복 운동을 하게 되어 있다. 따라서 가장 중요한 것은 Piston의 운동 speed, stroke가 변함이 없어야 하며 이때 변형, 마모, 손이 매우 적어야 한다. 이를 위해 가장 중요한 것은 Piston, Cylinder 등의 재질결정이며 둘째는 Piston과 Cylinder와의 top clearance, side clearance의 결정, 그리고 가공정밀도 이다.

2.4.2 절연부의 특성

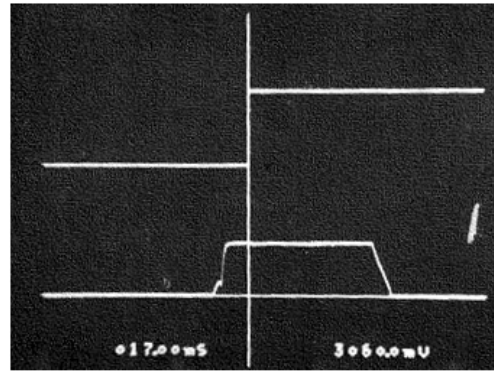
절연부는 크게 세부분으로 나눌 수 있다. 즉 Insulation Rod, Contact guide assembly 및 Lead assembly이다. Moving Contact를 지지하고 있는 Insulation Rod는 투입시(Making) 직접적인 큰 충격을 받게 되므로 기계적인 충격에 강해야 하며, 더불어 인장강도, 굴곡강도, 절연내력 및 내열성이 높아야 한다. 따라서 이러한 특성을 지닌 Epoxy-Glass 복합소재로 성형하여 제조한다.

2.4.3 접점의 특성

일반적으로 전기 접점은 다음과 같은 3가지 기능이 요구 된다. 첫째 완전히 접촉하여 회로를 구성할 것, 둘째 통전시의 저항이 작을 것, 셋째 완전히 분리되어 회로를 차단할 것. Making-Switch의 접점은 투입시 Arc에 의해 고열이 발생 하므로 마모, 움푹, 전이 등이 적은 재질이 요구 되며, W-Cu, W-Ag, WC-Cu 및 WC-Ag 등이 사용된다.

2.5 동작 특성

Closing time의 정확도는 Making-Switch의 성능을 결정하는 중요한 특성이다. Closing time은 Closing coil이 여자되는 순간부터 접점이 닫히기까지의 시간이다. 이의 변화요인은 Tank 내부의 air pressure, Solenoid coil의 DC voltage, 대기온도 변화에 따른 grease의 점도변화 등이 있다. <그림 4>는 Air pressure에 따른 Closing time을 측정된 결과를 보여주고 있다.



* Test conditions	
Operating Pressure	: 10kg/cm ²
Control Voltage	: DC 127V
Temperature	: 16°C
* Test Result	
Closing Time	: 17.00 ms

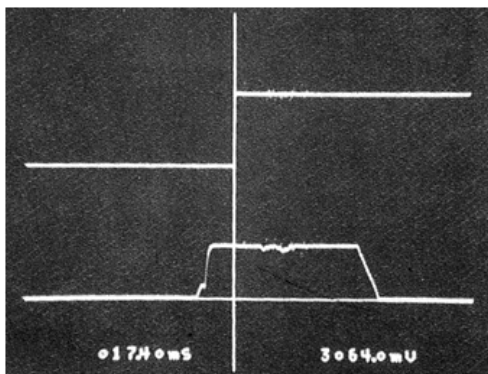
<그림 4> Making Switch의 Closing time 측정

3. 결 론

전력기기의 중요한 특성 중 하나인 대전력 시험은 설비가 매우 고가이고 운용에 있어서 전문적인 지식과 축적된 경험이 중요하다. 특히 Making-Switch는 시험에 있어 최종으로 피시험에 전압과 전류를 인가하는 핵심 설비이며 시험 전류의 위상각을 정밀하게 제어하기 위하여, Closing time이 짧아야 하며, Closing time error가 작아야 한다. Closing time은 구동방법이 압축공기 일 경우 공기의 압력, Solenoid coil의 DC voltage, 대기온도에 따른 grease의 점도변화 등에 의해 변화한다. 따라서 정확한 동작을 위해서는 이의 관리가 매우 중요하다 할 수 있다. 또한 각 부품에 있어서도 요구 특성을 만족하는 재질의 부품을 사용하는 것이 매우 중요하며 주기적인 유지보수 관리에 의해 부품의 전기적 특성 및 기계적 특성 확인과 더불어 변형, 마모, 손상 등에 대한 점검이 필수적이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전기연구소, "Making Switch의 국산화 연구", 1989
- [2] Allen Greenwood, "Electrical transients in power systems".
- [3] 김선구 외, "단락시험에서 후비보호차단기와 투입스위치의 중요 역할", 대한전기학회, 2007



* Test conditions	
Operating Pressure	: 8.5kg/cm ²
Control Voltage	: DC 127V
Temperature	: 16°C
* Test Result	
Closing Time	: 17.40 ms