

고압투입 스위치 용 Actuator 및 Accumulator의 동작원리에 대한 해석

김선구, 김원만, 나대열, 노창일, 이동준, 정홍수
한국전기연구원

The Study of Dynamic Analysis for Actuator and Accumulator of the High-Voltage and High-Current Making Switch

Sun-Koo, Kim. Won-Man, Kim. Dae-Ryeol, La. Chang-il, Roh. Dong-Jun, Lee. Heung-Soo, Jung
KERI

Abstract - Generally the high-voltage and high-current making switch is used to test the short-circuit test. The making switch should be operated always same speed/time and kept electrical-mechanical characteristic.

There are spring charge type, hydro-pneumatic type and compressed air type etc. according to operation method of making switch contacts.

Especially the making switch contacts of hydro-pneumatic type are moved by actuator and accumulator. To keep same speed/time of contacts and characteristic of making switch, actuator and accumulator should be worked always uniformly. So the dynamic analysis of actuator and accumulator of hydro-pneumatic type making switch will be helpful to maintain and design.

1. 서 론

고압 투입 스위치는 주로 단락시험을 수행할 때 시험회로를 폐로하는 목적으로 사용되는 것으로서 기계적으로 항상 일정한 동작속도를 유지하여야 한다. 만일 동작 속도가 일정하지 않아 스위치 접점의 투입시간이 부정확하게 되면 상의 위상 제어가 어려워지고 시험도 힘들게 된다. 따라서 고압-대전류 투입스위치는 빈번한 투입동작에서도 전기·기계적인 특성의 변화가 미소하여야 한다. 즉 접점의 투입 속도가 항상 일정하게 유지되어야 한다.

현재 고압 투입스위치의 접점의 동작은 압축공기 방식, Spring Charge 방식, Hydro-pneumatic Type 등이 채택되고 있으나 주로 Hyd-pneumatic Type이 많이 사용되고 있다. 이 Type은 ①동작신호→②Electrical Solenoid Valve→③Mechanical Valve→④Accumulator→⑤Actuator의 순에 의해 접점을 구동된다. 여기서 Actuator는 Accumulator의 동작에 의해 제어 공급되는 유압에 의해 접점을 작동시키는 역할을 담당한다. 본고에서는 Hydro-pneumatic Type의 투입스위치의 핵심 부품인 Accumulator와 Actuator의 구조와 동작원리를 해석하여 이 Type의 고압-대전류 투입 스위치의 운용과 새로운 제품의 개발에 도움을 주고자 한다.

2. 본 론

2.1 투입스위치의 특성

위상제어가 필요한 단락시험 용으로 사용되고 있는 고압-대전류 투입스위치는 Chattering 현상 없이 항상 일정한 속도를 유지하며 동작되어야 하고 특히 다음의 특성을 만족하여야 한다.

- 1) 충분한 투입 용량을 가질 것
- 2) Closing Time이 짧을 것
- 3) 투입시간이 정확하고 Closing Time Error이 적을 것
- 4) 빈번한 투입 동작에서도 전기 및 기계적인 특성변화가

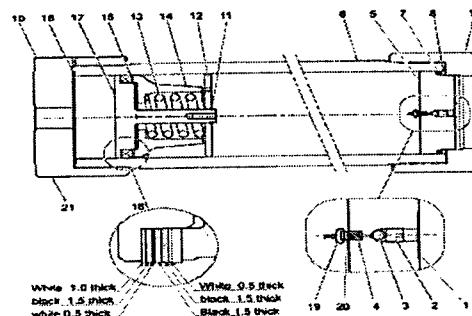
작을 것

2.2 동작방법에 따른 투입스위치의 투입시간

동작방법	제조사	투입시간(ms)	비고
Spring Charge	Siemens	5±0.11	
Compressed Air	Mitsubishi	17±0.46	
Hydraulic Oil	ETNA	14±0.2	

Spring Charge type은 투입시간은 빠르나 Spring의 피로 현상으로 전기·기계적인 특성유지에 어려움이 많고, 압축공기방식은 유지보수 비용은 저렴하지만 투입시간이 늦고 압축공기의 수분에 의한 부품의 부식으로 내구성이 문제가 있다.

2.3 Accumulator의 구성도



- | | |
|--------------------------|----------------------|
| 1. Nitrogen label | 2. Screw |
| 3. Ball | 4. Blaking Plug |
| 5. Cover | 6. Cylinder |
| 7. Seal on nitrogen side | 8. Supporting washer |
| 9. Nut | 10. Cylinder head |
| 11. Circlip | 12. Guiding |
| 13. Spring | 14. Stuffing box |
| 15. Press gasket | 16. Gasket set |
| 17. Piston | 18. Seal on oil side |
| 19. Wire | 20. Ring |
| 21. Pre-charge label | |

「그림1」 Accumulator의 구성도

위 「그림1」 Accumulator의 구성도는 Hydro-pneumatic의 Oil pressure가 336/400bar이고 Cylinder의 외경이 Ø62이며 Closing time이 14±0.2ms, Making current가 50kA이며, Rated voltage가 24kVrms인 Making Switch 용이다.

2.3.1 Accumulator의 동작원리

「그림1」과 같이 Accumulator는 17번의 Piston의 원활한 왕복운동이 주목적으로, 그림의 오른쪽은 질소가 충진되어 있

고 왼쪽 부분에는 hydraulic Oil이 충압된다.

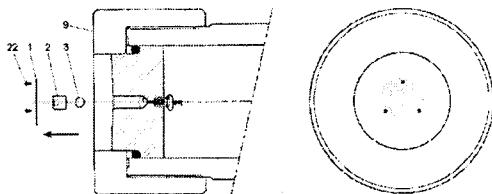
Mechanical Valve의 油路 제어에 의해 공급된 Hydraulic Oil이 Piston 17번의 상부를 가압하게 되면 Piston은 질소의 압력이 Hydraulic Pressure와 암이 평형을 유지하는 위치까지 우측으로 움직인다. 이 때가 Making Switch의 Opening Position이다. 반대로 가압된 油壓을 Purging하면 가압되어진 질소 가스의 압력에 의해서 Piston이 좌측으로 움직이게 되며 이때가 투입 Switch의 Closing Position이며, 보통 이때의 압력은 다음과 같다.

1) Nitrogen pre-charging pressure : 130bars

2) Hydraulic oil pressure : 168bars

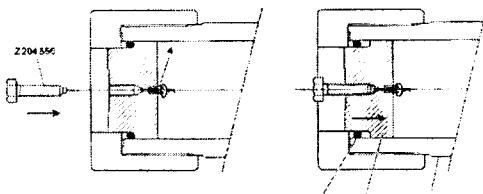
N2 Gas의 가압되어진 압력과 Hydraulic oil pressure는 Actuator의 Speed에 직접 영향을 미친다.

2.3.2 Accumulator에 N2 Gas 충진 방법



1. Remove the three rivets(22) and Nitrogen label(1) and scrap them.

2. Remove screw(2) and extract the ball(3), and scrap both.

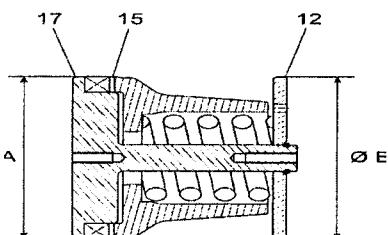


3. Press the valve(4) to empty out the nitrogen contained in the accumulator.

4. Check the nitrogen has been thoroughly emptied out by gently pressing the cover(5) inside the cylinder(6). The cover(5) should not spring back when onn stops pushing. Pushing pressure should not be to high.

「그림2」 Accumulator에 Nitrogen 충진 방법

2.3.3 Piston의 조정



「그림3」 Accumulator의 Piston

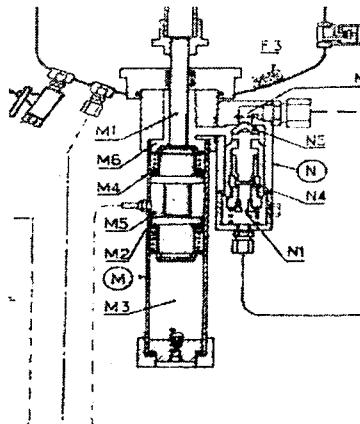
Accumulator는 Piston의 원활한 왕복운동이 핵심이다. 이를 위해서는 Cylinder 내부표면의 연마의 정도와, Piston과 Cylinder 표면과의 Side Clearance의 적정 수치의 유지가 가장 중요하다. 특히 Side Clearance는 Piston의 Speed, Oil Leakage와 직접 관련이 있기 때문에 특히 유의하여야 한다. 다음은 「그림3」의 Accumulator 용 Piston의 Side Clearance의 조정

을 위한 수치이다

- 1) Washer(12) : $\Phi B \geq 61.80$
- 2) Washer(15) : $\Phi A \geq 61.52$
- 3) Piston(17) : $\Phi A \geq 61.88$

2.4 Actuator의 구성도

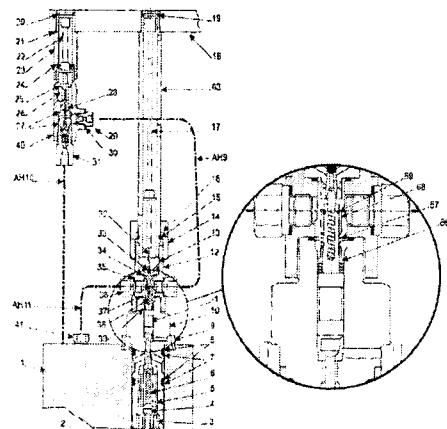
Actuator는 「그림4」와 같이 Piston이 통상 Double로 되어 있으며 Piston Rod(M1)은 Making Switch의 접점과 직접연결되어 Moving Contact를 구동시킨다.



「그림4」 Actuator의 구성도

Actuator도 Accumulator와 같이 하부 M3 부분은 N2 Gas로 충전되어 있다. Accumulator에서 Mechanical Opening Valve의 제어에 따라 油路가 開閉되고 이에따라 압축유가 Actuator에 給油되어지면 Double Piston은 Hydraulic Oil과 Nitrogen Gas 압과 평형이 될 때까지 「그림4」의 하부로 이동하면서 접점이 Open된다. Close는 Mechanical Close Valve에 의해 압축유가 Purge되면 가압되었던 Nitrogen Gas의 압력에 의해 Piston이 「그림4」의 상부로 움직이면서 Close된다. 이 때 Nitrogen Gas의 Pre Charge pressure는 130bar 정도이며 접점의 Speed, Chattering과 직접 연관이 있다.

2.5 Mechanical Valve의 구성도

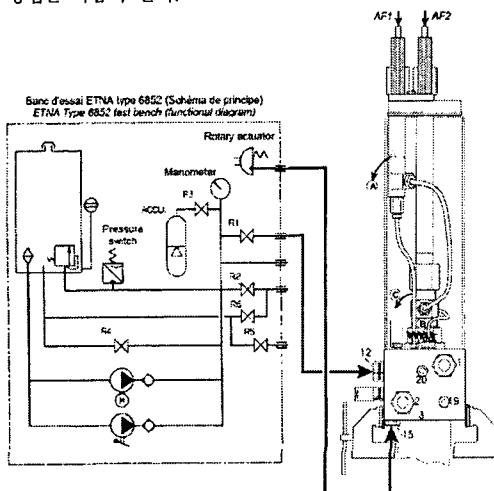


「그림5」 Mechanical Valve의 구성도

Mechanical Valve는 Main, Closing, Opening Valve로 구성되어 있고, 이 Valve들은 Electric Solenoid Switch에 의해 동작되며 Accumulator Piston의 왕복운동을 행하게 하는 압축유의 油路을 開閉하는 역할을 한다.

2.6 Mechanical Valve의 점검 방법

「그림6」은 Mechanical Valve의 油路의 개략도이며 점검 방법은 다음과 같다.

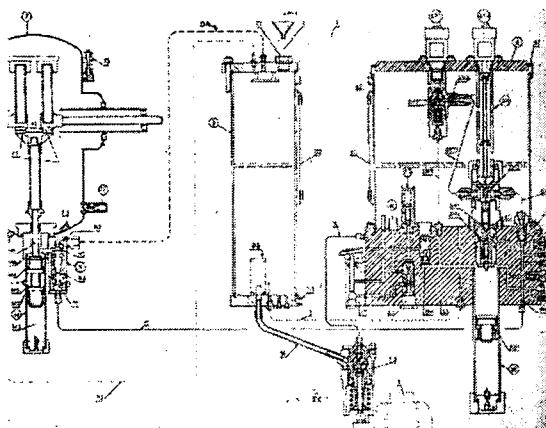


「그림6」 Mechanical Valve의 油路 Diagram

- 1) Hydraulic Hose를 “15”↔“Rotary Actuator” 및 “12”↔“R1”과 연결한다.
 - 2) Tap “R2”, “R4”, “R5”, “R6”를 Close시키고 “R3”과 “R1”을 Open 한다.
 - 3) Mechanical Valve가 Closing 위치에 있을 때 즉 (A)와 (B)에 Oil이 충압되어 있는 경우 (C)에서 Oil이 누유되어서는 안된다.
 - 4) Valve가 Opening 위치에서 즉 (B)와 (C)에 Oil이 충압되어 있을 때 (A)로부터 누유현상이 발생되지 않아야 한다.
 - 5) Mechanical Valve가 Open 상태에서 30분 동안 Manometer의 Hydraulic Oil의 압력이 떨어져서는 안된다. Valve의 Close 위치에서 30분간 유지시켜 Hydraulic Oil 저하되어서는 안된다.

2.7 Accumulator-Actuator의 구동 Diagram

「그림7」은 Hydro-Pneumatic Type의 Making Switch의 油路 계통도이며, 구동은 다음과 같이 이루어진다.



「그림7」 Accumulator-Actuator의 구동 Diagram

- 1) Electric Opening Solenoid Switch(AF1) 또는 Electric Closing Solenoid Switch(AF2)가 신호에 의해서 동작한다.
 - 2) Mechanical Opening Valve(AH1) or Mechanical Closing Valve(AH2)가 Solenoid Switch의 동작에 의해서 구동된다.

3) Accumulator Piston(AB1)이 Mechanical Valve의 동작에 의해서 상하로 움직인다.

4) Open의 경우 Hydraulic Oil이 Line(15)를 통해서 Quick Action Valve(N)으로 공급되고 이는 Actuator Piston(M1)을 하부로 이동시킨다. 이 때 접점과 체결되어있는 Rod가 함께 움직여 Open Position이 되게 된다.

5) Close의 경우 Mechanical Valve가 Quick Action Valve(N)를 구동시켜 Actuator에 충압된 Hydraulic Oil을 Main Oil Feeder Tank(D)로 Purge시켜 가압된 Nitrogen Gas의 압력에 의해서 Piston이 상부로 움직이면서 Close Position 이 된다.

3. 결 론

고압 Making Switch는 위상 제어가 필요한 단락시험 등에 주로 사용되며 이는 항상 일정한 Speed로 동작되어야 하고 특히 Chattering 현상이 발생되지 않는 특성이 요구되고 있다. 구동 방식으로는 Spring Charging Type, Compressed Air Type 그리고 Hydro-Pneumatic Type 등이 있으며, 이를 중 현재 가장 보편적으로 사용되고 있는 방식은 Hydro-Pneumatic Type이다. 이 Making Switch의 접점은 Actuator라는 부품에 의해서 움직이고 이 Actuator는 Mechanical-Valve에 의해 동작하는 Accumulator에 의해 구동된다. 이때 Accumulator는 접점의 Speed에 영향을 미치고 그리고 Actuator는 점접의 Chattering과 절점 광역이 있다.

그리고 **Accumulator**은 **업데이트 Chattering**의 주범 단위다.
따라서 Making Switch를 수천회 동작하여도 접점의 일정 속도를 유지하기 위해서는 특히 **Accumulator**의 다음 사항에 유의하여야 한다.

- ① Hydraulic Oil의 압력과 Nitrogen Gas의 압력이 언제나 일정하게 유지되어야 하고,
 ② Mechanical Valve에서 Leakage가 없어야 한다.
그리고 가장 중요한 특성 중의 하나인 Chattering이 발생하지 않고 접촉의 Speed가 항상 일정하게 유지되기 위해서는 Actuator의 다음 사항이 특히 고려되어야 한다.
 - ① Double Piston의 Ring의 기밀 유지상태가 완벽하여야 하고,
 ② Nitrogen Gas의 압력이 언제나 일정하여 Close and Open 시 동일한 위치에서 균압이 이루어져야 하며,
 ③ Compressor Pump의 구동용 Pressure Switch의 동작이 정확하여 항상 동일한 Hydraulic Pressure를 유지토록 하여야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] ETNA, "OPERATION BLOCKS", 2004
 - [2] ETNA, "Hydro-Pneumatic Accumulator", 2002.
 - [3] 한국전기연구소, "Making Switch의 국산화 연구", 1989.02.
 - [4] 기초전력공학공동연구소, "차단기 설계기술", 1997.
 - [5] コロナ社, "大電流 工學 ハンドブック", 1992.