

전자기 접촉기의 과도회복전압 특성에 대한 연구

김근용*, 류재남**
한국전기연구원

The study on the characteristics of transient recovery voltage of electromagnetic contactor

Geun-Yong Kim*, Jae-Nam Ryu**
Korean Electrotechnology Research Institute

Abstract - 전자기 접촉기(electromagnetic contactor)는 교류 또는 직류 저압의 전로(電路)에 사용되는 부하개폐기의 한 종류로 전자석 코일(electromagnet coil)의 여자(勵磁)에 의하여 주 접촉자를 개폐시키는 기기이다. 일반적으로 전자기 접촉기는 단락전류를 차단하도록 설계되어 있지는 않다. 그러므로 설치 시 적절한 단락 보호가 이루어져야 하며, 반드시 접촉기의 일부분일 필요는 없다. 차단기와 퓨즈 등을 단락보호장치(SCPD, Short-Circuit Protective Device)로 많이 사용한다. 전자기 접촉기는 특히 고빈도 개폐를 목적으로 사용되는 개폐기로, 농형모터(squirrel-cage motors)의 시동, 운전 중의 정지, 플러깅(plugging, 모터가 운전하고 있는 중에 모터의 1차측 접속을 역으로 바꿔서 모터를 급격히 정지시키거나 역 회전시키는 것) 및 인칭(inching, 모터를 짧은 기간 동안 1회 또는 반복 여자해서 피동기구를 조금 이동시키는 것)에 많이 쓰인다. 이러한 기기의 개폐특성을 평가하기 위한 부하는 과도회복전압의 진동 주파수(oscillatory frequency)와 진폭을 γ 를 얻을 수 있도록 조정되어야 한다. 본 논문에서는 고빈도 개폐능력을 갖고 있는 전자기 접촉기의 과도회복전압 특성과 그 특성을 얻기 위한 부하 회로의 조정방법에 대해 고찰하였다.

I_c 는 차단 전류(A), U_e 는 기기의 정격 사용 전압(V)이다. 진폭을 γ 는 다음의 값으로 조정되어야 한다.

$$\gamma = 1.1 \pm 0.05$$

시험에 필요한 리액턴스의 값은, 과도회복전압이 단 하나의 진동 주파수를 갖는다고 간주될 수 있는 조건에서, 몇 개의 리액터를 병렬로 결합시킴으로써 얻어질 수 있다. 이것은 일반적으로 리액터가 실제적으로 같은 시정수를 가지는 경우이다. 기기의 부하단자는 조정된 부하 회로의 단자에 가능한 가까이 접속되어야 한다. 부하의 조정은 이러한 접속이 된 상태에서 실시되어야 한다.

2.2 과도회복전압 특성을 얻기 위한 부하 회로의 조정방법

과도회복전압의 특성을 얻기 위해 부하 회로를 조정하는 데에는 몇 가지 방법이 사용될 수 있다. 다음 그림들은 접지위치에 따른 부하 회로 조정방법이다.

1. 서 론

저압 개폐장치 및 제어장치를 사용함에 있어서, 차단기, 스위치, 접촉기 등의 용어가 자주 거론되는데, 우선 이들의 용어를 정의하고자 한다.

- ◎ 개폐기(switching device): 하나 또는 그 이상의 전기 회로내에서 전류를 투입 또는 차단하기 위해 설계된 장치로 이들 동작 중 하나를 수행하거나 또는 두 가지 모두를 수행할 수도 있다.
- ◎ 기계식 개폐기(mechanical switching device): 분리할 수 있는 접점을 이용하여 하나 또는 그 이상의 전기 회로를 폐로 및 개로하기 위해 설계된 개폐기로 접점이 개폐되는 매개물(예를 들면, 공기, SF6, 오일)에 따라 분류될 수 있다.
- ◎ 스위치(switch): 규정된 과부하 상태를 포함할 수도 있는 정상회로 상태에서 전류를 투입, 통전 및 차단할 수 있고, 또한 단락과 같은 규정된 비정상적인 회로 상태하에서도 규정된 시간 동안 전류를 통전시킬 수 있는 기계식 개폐기로 단락전류 투입능력만 있고 차단능력이 없을 수도 있다.
- ◎ 차단기(circuit-breaker): 정상회로 상태에서 전류를 투입, 통전 및 차단할 수 있고, 또한 단락과 같은 규정된 비정상적인 회로 상태하에서도 전류를 투입, 규정된 시간 동안의 통전 및 차단시킬 수 있는 기계식 개폐기
- ◎ 접촉기(contactor): 하나의 정지 위치를 갖고 수동 이외의 방법으로 동작되는 기계식 개폐기기로, 과부하 상태를 포함하는 정상회로 상태에서 전류를 투입, 통전 및 차단할 수 있다. 접촉기는 주접점을 폐로시키기 위한 힘을 공급하는 방법에 따라 분류될 수 있다. 따라서 부하개폐동작이 빈번한 책무(Duty)에서는 사용범주에 알맞은 접촉기를 적용해야하고, 접촉기의 투입 및 차단용량과 동작성능을 평가하는데 과도회복전압 특성은 매우 중요하다고 할 수 있다.

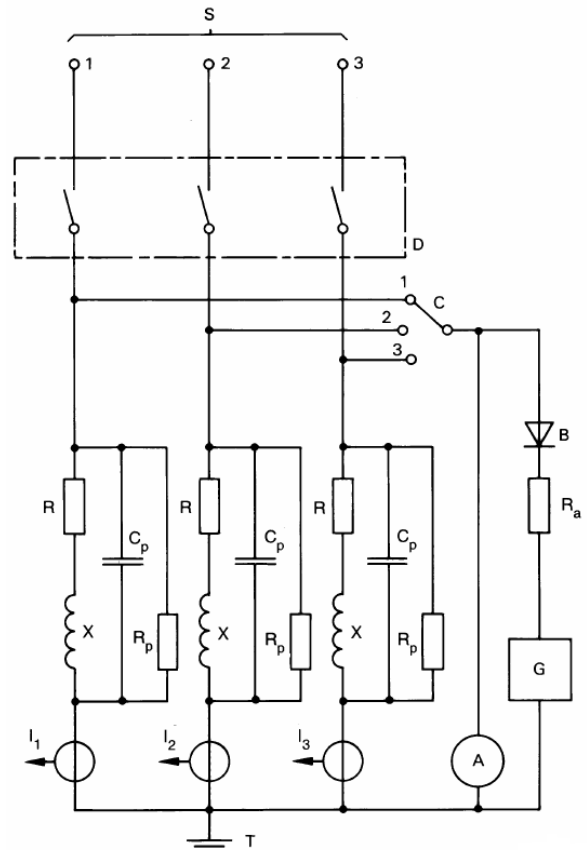
2. 본 론

2.1 과도회복전압 특성

개별 모터 부하(유도 부하)를 포함하는 회로내의 조건을 모의하기 위해, 부하 회로의 진동 주파수는 다음의 값으로 조정되어야 한다.

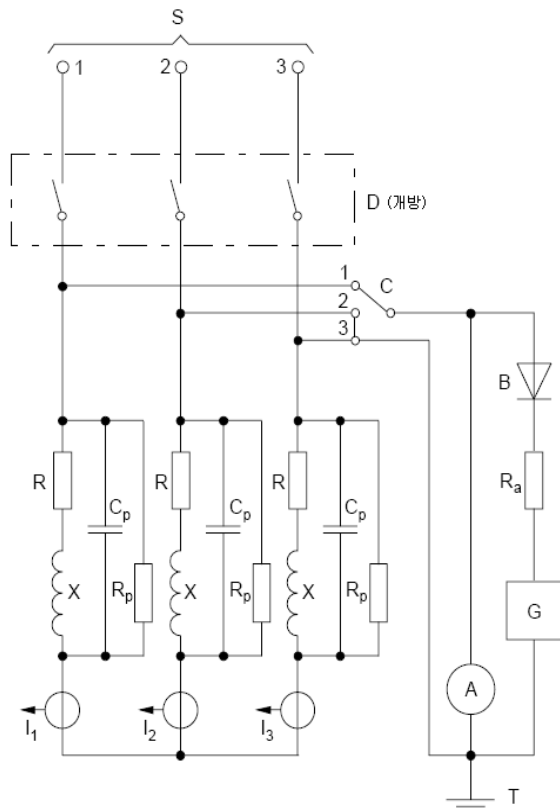
$$f = 2000 \cdot I_c^{0.2} \cdot U_e^{-0.8} \pm 10\%$$

여기서, f 는 진동 주파수(kHz),



고주파 발생기 G와 다이오드의 위치 관계는 표시된 것과 같아야 한다. 그림에 표시된 1점을 제외하고, 회로의 다른 점을 접지해서는 안된다.

〈그림 1〉 부하측 중성점 접지 방식의 부하 회로 조정방법 회로도



고주파 발생기 G와 다이오드의 위치 관계는 표시된 것과 같아야 한다. 그림에 표시된 1점을 제외하고, 회로의 다른 점을 접지해서는 안된다. 이 그림에서는, 상 1이 병렬 접속된 상 2, 3과 직렬로 접속되도록 조정된 상 1, 2 및 3의 위치를 하나의 예로서 나타내고 있다.

〈그림 2〉 전원측 중성점 접지 방식의 부하 회로 조정방법 회로도

여기서,	S	=	전원
	D	=	시험 중인 기기
	C	=	상 절환 스위치
	B	=	다이오드
	A	=	기록계
	Ra	=	저항
	G	=	고주파 발생기
	R	=	부하 회로 저항
	X	=	부하 회로 리액터
	Rp	=	병렬 저항
	Cp	=	병렬 커패시터
	I ₁ , I ₂ , I ₃	=	전류 센서

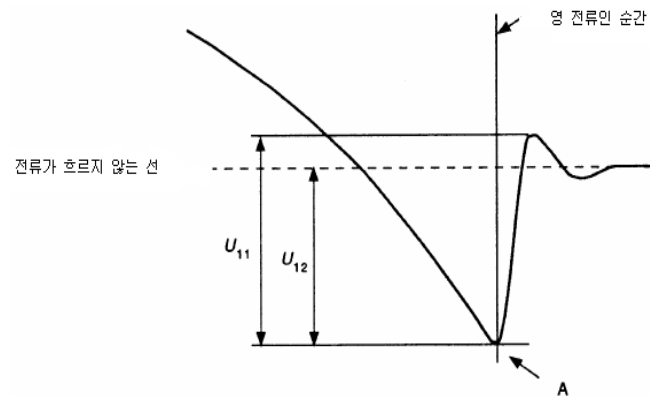
과도 회복전압의 진동 주파수 f 와 진폭율 γ 의 값은 실질적으로 고유 주파수(natural frequency)와 부하회로의 계동(damping)에 의해 결정된다. 이러한 값들은 회로에 가해지는 전압과 주파수와는 상관없이 있기 때문에, 조정은 교류발생원으로부터 부하 회로를 여자시켜 실시할 수 있고, 그 전압과 주파수는 기기를 시험하기 위해 사용되는 전원의 그것들과는 다를 수가 있다. 전류 영인 순간에 다이오드에 의해 회로를 차단하고, 그 스위프(sweep)가 전압발생원의 주파수와 동기화 되어 있는 음극선 오실로스코프의 화면에서 회복전압의 진동을 관찰한다. 신뢰성 있는 측정을 하기위해, 다이오드에 적당한 전압을 인가해 주는 고주파 발생기 G에 의해 부하회로를 여자시킨다. 발생기의 주파수는 다음과 같이 선정한다.

- a) 1 000 A이하의 시험 전류에 대해서 2kHz
- b) 1 000 A를 초과하는 시험 전류에 있어서는 4kHz

다음의 것들을 발생기에 직렬로 연결한다.

- a) 및 b)의 각각의 경우에 대한 부하 회로 임피던스에 비해 높은 저항값 Ra를 갖는 전압강하용 저항 ($R_a \geq 10Z$, 여기서, $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ 이고, $\omega = 2\pi \times 2\,000\text{ s}^{-1}$ 또는 $= 2\pi \times 4\,000\text{ s}^{-1}$ 이다.)

- 순간적으로 차단하는 스위칭 다이오드 B: 1 A 이하의 순방향 정격 전류를 갖는 확산 접합 실리콘 스위칭 다이오드와 같은 컴퓨터에 흔히 사용되는 스위칭 다이오드가 이 방법에 적합하다.



〈그림 3〉 진폭율 γ 의 실제값 측정

발생기 G의 주파수 값 때문에, 부하 회로는 실질적으로 순수 유도성 부하가 되고, 따라서 전류 영인 순간에 부하 회로에 인가되는 전압은 그 과고값을 갖게 될 것이다. 부하 회로의 성분이 적절하다는 것을 확인하기 위해서는, 초기점(그림 3의 점 A)에서 과도전압의 곡선이 실질적으로 수평 접선을 갖고 있다는 것을 화면상에서 조사해야 한다. 진폭율 γ 의 실제값은 비율 U_{11}/U_{12} 이다. U_{11} 은 화면상에서 구해지고, U_{12} 는 점 A의 세로 좌표와 발생기로부터 부하 회로에 전압이 더 이상 인가되지 않을 때의 궤적의 세로좌표 사이의 값으로 구해진다.

병렬로 저항 Rp 또는 커패시터 Cp가 없는 부하 회로의 과도 전압을 관찰할 때, 부하 회로의 고유 진동주파수를 화면상에서 구한다. 오실로스코프나 그 접속 리드선의 커패시턴스가 부하 회로의 공진주파수에 영향을 주지 않도록 주의해야 할 것이다. 그 고유주파수가 요구되는 값 f의 상한치를 초과하는 경우, 적당한 값의 커패시터 Cp와 저항 Rp를 병렬로 접속함으로써 주파수와 진폭율 γ 의 적당한 값을 얻을 수 있다. 저항 Rp는 실질적으로 무유도성이어야 한다. 접지 위치에 따라 다음 두 가지의 부하회로 조정절차가 권장된다.

- 부하 중성점이 접지된 경우: 부하회로 3상의 각각을 그림 1에 나타난 것과 같이 개별적으로 조정한다.
- 전원 중성점이 접지된 경우: 그림 2에 나타난 것과 같이, 한 상을 병렬로 접속된 다른 두 상에 직렬로 접속한다. 3상을 모든 가능한 조합으로 하여 고주파 발생기에 접속하여 조정을 반복한다.
- 비고 1 발생기 G에서 얻어지는 주파수가 높을수록 화면상에서의 관찰이 용이하고 분해능을 향상시킨다.
- 비고 2 주파수와 진폭율 γ 를 구하는 다른 방법(예를 들면, 부하 회로에 구형파 전류의 인가)이 사용될 수 있다.
- 비고 3 부하를 스타 결선으로 접속하는 경우, 부하 단락방법(접지 또는 플로우팅(floating))이 조정과 시험시에 바뀌지 않는다면, 부하의 저항 말단이나 인덕턴스 말단 어느 곳에서도 접속할 수 있을 것이다.(부하의 어느 쪽이 단락되는가에 따라 다른 진동주파수가 발생하기 때문이다.)
- 비고 4 고주파 발생기의 대지 누설 커패시턴스가 부하회로의 고유 진동주파수에 영향을 주지 않도록 주의해야 할 것이다.

3. 결 론

본 논문에서는 농형 모터의 시동, 운전 중의 정지, 플러깅 및 인칭에 주로 사용되는 전자기 접촉기의 과도회복전압 특성을 연구하였다. 또한 과도회복전압의 진동주파수와 진폭율을 얻기 위한 부하회로의 조정방법에 대해서도 알아보았다. 향후에는 전자기 접촉기의 투입 및 차단 용량 특성과 개폐동작 성능평가에 부하회로의 진동주파수와 진폭율이 미치는 영향에 대해 연구할 계획이다.

[참 고 문 헌]

[1] IEC, "60947-1 Low-voltage switchgear and controlgear - Part 1: General rules", Edition 5.0, 2007. 6
 [2] IEC, "60947-4-1 Low-voltage switchgear and controlgear - Part 4-1: Contactors and motor-starters - Electromechanical contactors and motor-starters", Edition 2.1 + Amendment 2, 2005. 6