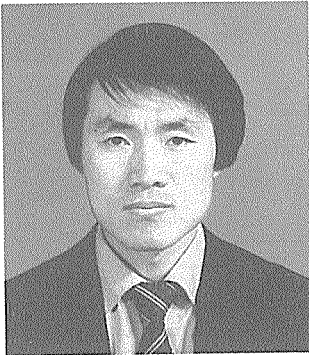


自動型 開閉器類의 研究方案



韓國電氣研究所
電力電子研究部
桂 文 浩

I 序 文

最近, 도시기능이 高度化, 情報化 社會로 진전됨에 따라서 社會 構造上 日常生活에서의 전력에 대한 의존도가 점점 더 높아지고 있으며, 이에 따라 앞으로 더욱 복잡, 광대화 되어질 배전계통에 대하여 高信賴度가 요구되고 있다. 이때문에 電力會社는 많은 노력을 하여 이를 향상시키고자 하고 있으며, 특히 미국, 일본 등에서는 配電線의 自動化를 적극적으로 추진하여 전력공급의 信賴度를 향상시키며, 설비운용의 效率化, 업무의 省力化 및 수용가에의 높은 서비스 향상을 진행하고 있다. 우리나라에서도 韓國型 配電自動화 시스템의 연구가 진행되고 있는 중이다. 配電自動화가 이룩되기 위해서는 기본적으로 自動型 開閉器類가 요구되며, 본 연구를 통하여서 우리나라의 配電系統에서 현재 적용하고 있는 開閉器類중에서 自動化하여야 할 것들을 선정하여 그 연구방안을 항목별로 고찰 해 보고자 한다.

II 本 文

1. 對象機器의 種類

현재 한국전력공사에서 운용하고 있는 配電系統은 22.9KV-Y 多衆 接地 方式 으로서 이 配電系統을 保護하기 위하여 Recloser, Sectionalizer, Alts, Auto Switch, Loop Switch, Line Fuse 등의 保護機器들을 설치하고 있다. [그림 1]은 위의 保護機器들이 설치되어 있는 系統圖의 모습을 예로써 보인다.

가. 對象機器들의 基本 機能

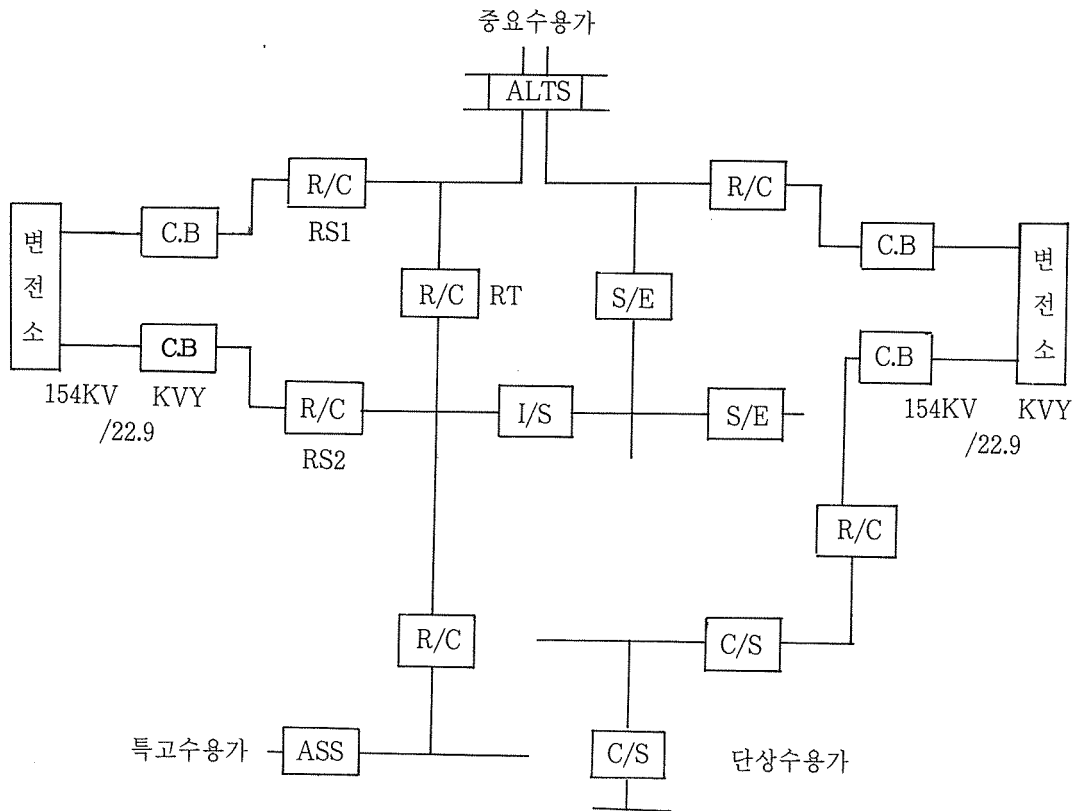
遠方에서 오는 신호를 받아서 開閉器들을 동작시키기 위해서 開閉器들이 가져야 하는 基本的인 機能

은 원격지로부터 Trip 또는 Close 동작수행과 事故時 電力을 역송할 수 있어야하며, 開閉器 主接點의 상태를 감시할 수 있어야 한다.

따라서 [그림 1]에서 보듯이 配電系統의 重要기인 Recloser, Sectionalizer, Interrupter Switch를 改造하여 自動化用으로 사용 하거나, 별도의 遠方監視用 開閉器를 사용할 수도 있을 것이다. 먼저 위의 機器들을 對象으로 하여 基本的인 機能을 살펴보고 이들의 自動化 方案을 고찰한다.

1) 再閉路 遮斷器(Recloser)

再閉路 遮斷器는 配電線路에서 故障이 發生했을때 故障을 검출하여 遮斷하며, 故障의 原因을 判別하여 순간사고인 경우에는 制御장치에서 이미 設定하여 놓은 순서에 따라서 閉放과 再投入을 시행하여 순간적인 사고의 原因이 제거된 경우 정상적으로 電力을



[그림 1] 保護機器가 설치된 系統圖 例

공급하게 되며 永久事故 발생시에는 事故區間을 系統에서 분리하여 선로에 波及되는 停電의 범위를 억

제하기 위한 機器이다.

2) 自動 區間 區分 開閉器(Sectionalizer)

[표 1] Interrupter Switch 代用 開閉器類

내용	종류	F type Switch	GWC Sec.	SF ₆ Gas Switch	VRV Oil Switch
定格 電 壓 (KV)		25.8	34.5	25.8	34.5
定格 電 流 (A)		600	400	600	400
最大 遮 斷 電 流 (A)		2,000	880	900	
定格 遮 斷 電 流 (A)		600 (P.F.70%)	400 (P.F.70%)	600 (P.F.70%)	400 (P.F.70%)
定格 投 入 電 流 (A)					
Sym (RMS)		16,000			
Asym (RMS)		25,000	15,000	22,500	15,000
定格 瞬 時 電 流 (A)		25,000	15,000	16,000	15,000
定格 lsec. 電 流 (A)		16,000	10,000	15,000	10,000
動 作 回 數		2,500	50	500	50
制 御 機 能		Remote/ Manual	Remote/ Manual	Remote/ Manual	Remote/ Manual
制 御 機 能		有	無	有	無
消 弧 形 態		Vacuum	Oil	Gas	Oil
安 全 性		매우 좋음	보 통	좋음	보통
特 徵		<ul style="list-style-type: none"> • 무전압 상태에서 축세작용에 의해 開閉動作 수회 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 무전압에 의한 Trip • 電動機에 의한 Remote開閉 	<ul style="list-style-type: none"> • 電動機에 의한 단순한 Remote開閉 	<ul style="list-style-type: none"> • 부하기기의 開閉用으로 Remote開閉 가능
비 고		<ul style="list-style-type: none"> • Interrupter 部가 진공으로 價格이 비교적 싸다. • 안전성이 좋다. • 기계적 수명이 길다. 	<ul style="list-style-type: none"> • Oil Switch로서 價格은 낮으나 안전성이 떨어진다. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gas Switch로서 價格이 중간정도이다. • 안전성이 중간정도 • 기계적 수명이 Vacuum에 비해 짧다. 	<ul style="list-style-type: none"> • Oil Switch로서 價格이 낮다. • 장래 콘덴서 및 리액터 開閉 Switch로서 활용이 가능하다. • Interrupter Switch 代用가능

自動區間區分開閉器는 配電線路上에서 事故가 발생하였을 경우 후비의 保護 장치인 自動 再閉路遮斷器가 고장을 遮斷하여 선로가 無電壓 상태인 때를 계수하여 자신이 設定한 계수와 일치할 경우 자신의 接點을 開放하여 고장 구간을 분리시킨다. 區間區分開閉器는 고장 전류를 感知 및 遮斷하는 機能을 갖고 있지 않으므로 반드시 후비에 遮斷 能力을 갖고있는 保護機器가 설치되어야 한다.

3) Interrupter Switch

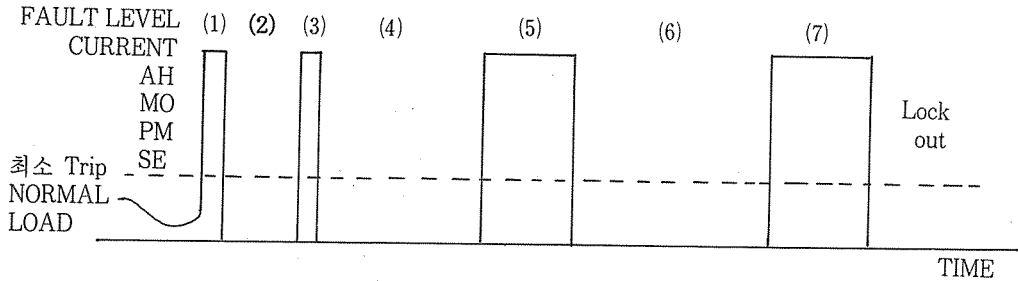
Interrupter Switch를 操作하기 위해서는 사람이 직접 現場에 出動하여 手動으로 操作하게 되어 있으므로, 이를 配電系統에서 自動化用으로 使用하기 위해서는 遠隔에서 開閉할 수 있도록 電動機驅動 形態

로, 또한 開閉되어 있는 狀態를 表示 및 電流 計測에 必要한 回路들을 構成, 부가시켜야 한다. 그러나 Interrupter Switch를 Motorizing Type으로 改造할 때 소요되는 비용과 開閉로 인한 Arc발생과 接點의 마모등 信賴性을 확보할 수 없으므로 [표 1]에서 보이는 바와 같은 개폐기들을 代用으로 使用하여, 이후 自動化用으로도 解決될 수 있을 것이다. [표 1]중에서 비교적 構造가 간단하고 가격이 저렴한 SF₆ GAS Switch가 現在 手動型으로하여 많은 부분 使用되고 있다. 이에 대한 自動型은 製作者로부터 供給되고 있다.

나. 對象機器의 考察

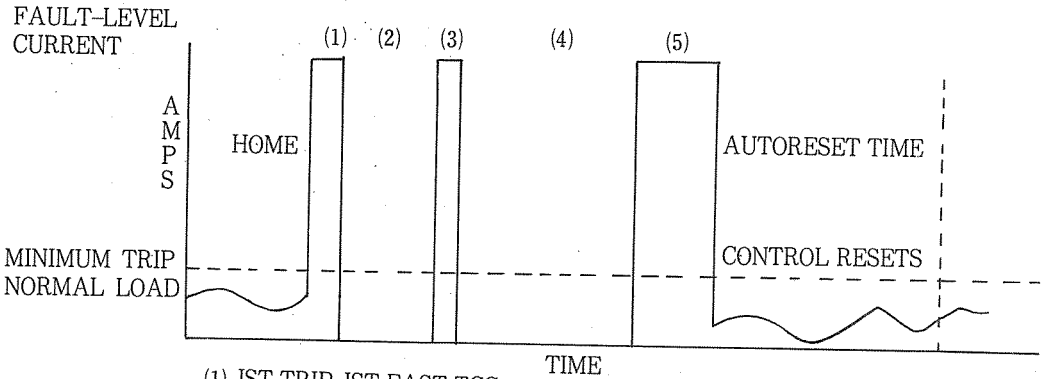
1) 再閉路 遮斷器

초기에는 오일型 再閉路 遮斷器가 일부 도입되어



- (1) 1ST TRIP-1ST FAST TCC
- (2) 1ST RECLOSE INTERVAL
- (3) 2ND TRIP-2ND FAST TCC
- (4) 2ND RECLOSE INTERVAL
- (5) 3RD TRIF-1ST SLOW TCC
- (6) 3RD RECLOSE INTERVAL
- (7) 4TH TRIP-2ND SLOW TCC

a) 영구고장시



- (1) 1ST TRIP-1ST FAST TCC
- (2) 1ST RECLOSE INTERVAL
- (3) 2ND TRIC-2ND FAST TCC
- (4) 2ND RECLOSE INTERVAL
- (5) 3RD TRIP-1ST SLOW TCC

b) 순간고장시

[그림 2] Recloser의 條件別 動作順序

설치되었으나, 현재에는 거의 Vacuum type interrupt가 주종을 이룬다. 주요 국내 제작용체로는 일진전기(주), 건화전기(주)등이 있다.

가) Trip 動作

Trip resistor의 정격을 초과하는 전류가 흐를 경우 Control 신호에 의해 Trip Solenoid가 여자된다. 이 여자력으로 Latch가 풀려 Trip Spring이 풀린다. 이 힘에 의해서 Recloser 각 상의 主接點이 開放되고 동시에 投入 Coil Plunger가 위쪽의 投入 動作 位置로 이동한다. 이때 接點位置 標示器는 아래로 내려온다.

나) Close 動作

Control Switch에서 Close 명령이 送出되면 Rotary Solenoid가 여자되어 投入 Coil 回路를 선간에 投入시켜 投入 Coil Plunger가 아래로 내려가서 Recloser의 接點을 投入시키고 Recloser의 Closing Solenoid Contactor는 自動적으로 열리게 되어 Closing Coil은 여자되지 않는다.

다) 制御部 動作

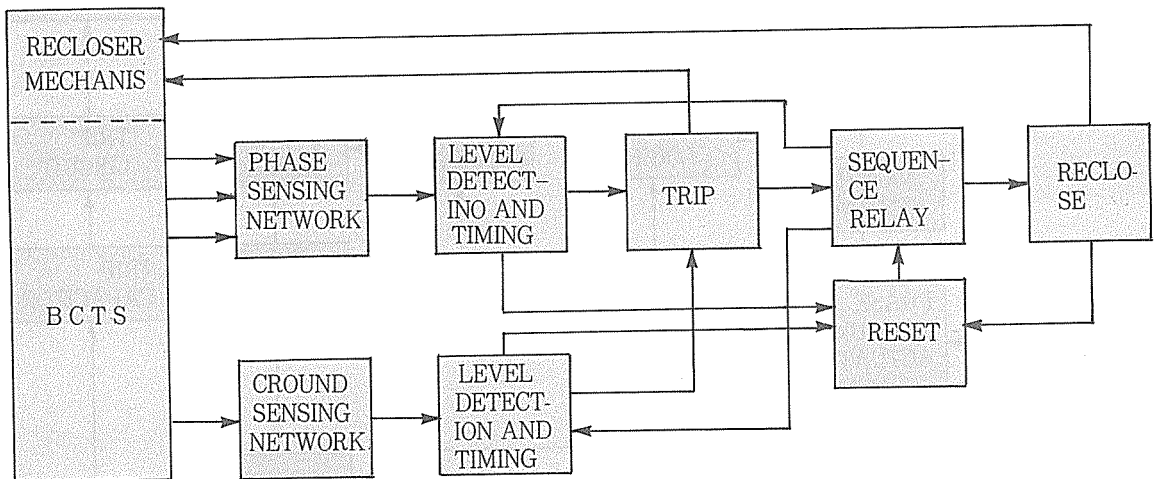
Phase의 전류조건은 연속적으로 각 상에 부착된 3개의 Bushing-type 電流變流器(Current transformer)에 의해 감시된다. 이러한 變流器의 出力은 최소 Trip 저항, 絶緣變壓器, 整流回路를 포함하는 制御部에서 Trip動作 回路에 공급된다.

電流가 최소 Trip Level값 이상이면 動作이 限時動

작으로 이루어지는데 Reclosing Sequence가 Lock Out 상태가 될때까지 반복된다. 규정된 최소 Trip 電流 Level值가 한개의 相 또는 2개 이상의 相에서 검출될 때 [그림 2] [그림 3]에서 보인 것과 같은 瞬時 및 限時 特性에 의해 Trip動作을 실시한다. 過電流 信號는 Trip回路를 動作시키기 위해 信號發生을 위해 Time Plug의 특성곡선상에서 시간에 따라 결정한다. 즉, Recloser를 Trip하는 Trip Solenoid에 Battery를 연결하는 것이다.

동시에 Sequence Relay는 첫번째 Reclosing 시간지연 Plug를 動作시키게 된다. 이 Reclosing 시간지연 Plug의 종료지점에서는 制御部의 Closing 出力信號가 Recloser를 Clse시키게 된다. 그리고 Sequence Relay는 2번째의 瞬時 Trip 動作을 위한 回路部를 動作시킨다. 만일 動作 Sequence가 Lock Out상태에 도달되기 전에 過電流 상태가 解消되면 Reset 지연회로는 Recloser가 고장나지 않은 Line으로 간주하고 Close되는 時間을 계수하게 된다.

Reset 지연 Plug 時間이 지나면 Sequence Relay는 초기상태로 복귀되어 다음 Trip動作을 위한 준비상태에 들어간다. 그러나 Reset Plug의 시간이 다 되기전 고장이 재발생되면 制御部는 다시 Trip 動作이 계속되는 마지막에 가서 Reset 時間은 解制된다. 영상전류 고장탐지(Ground fault sensing)에 대해 Zero-se



[그림 3] 制御部 機能 Block Diagram

quence(Ground)電流가 各相 電流에서 검출되는 것을 제외하면 各相의 고장탐지와 Trip動作은 같이 이루어진다. 영상전류 고장 검지회로에서도 최소 Trip 저항과 瞬時 및 限時 再閉路, Reset 時間, Lock Out 動作은 相 Trip과 같이 動作된다.

2) 自動 區間 區分 開閉器

단상 또는 삼상용이 있으며 유압으로 制御되는 Hydraulic control type와 電子計數裝置에 의해 制御되는 Electronic control type이 있다. 주요 제작업체로는 일전전기(주)와 신아전기(주)가 있다. 電子計數式 自動 區間 區分 開閉器의 動作 機能을 [그림 4]에서 보인다.

가) 基本動作

Sectionalizer는 自動 制御되는 선로개폐기로서 선로가 무전압상태일때 자동으로 開放되어 故障區間을 분리하는데, 먼저 最少動作電流 以上の 電流가 흐르면 計數를 行할 준비를 하고, 다음에 이 電流가 最少動作電流의 50% 以下로 감소하면, 計數를 시작해 設定한 회수가 되면 Sectionalizer는 開放되어 故障區間을 분리하고 Recloser의 再投入에 의해 나머지 전전 구간에는 送電을 계속한다.

나) 制御部 動作

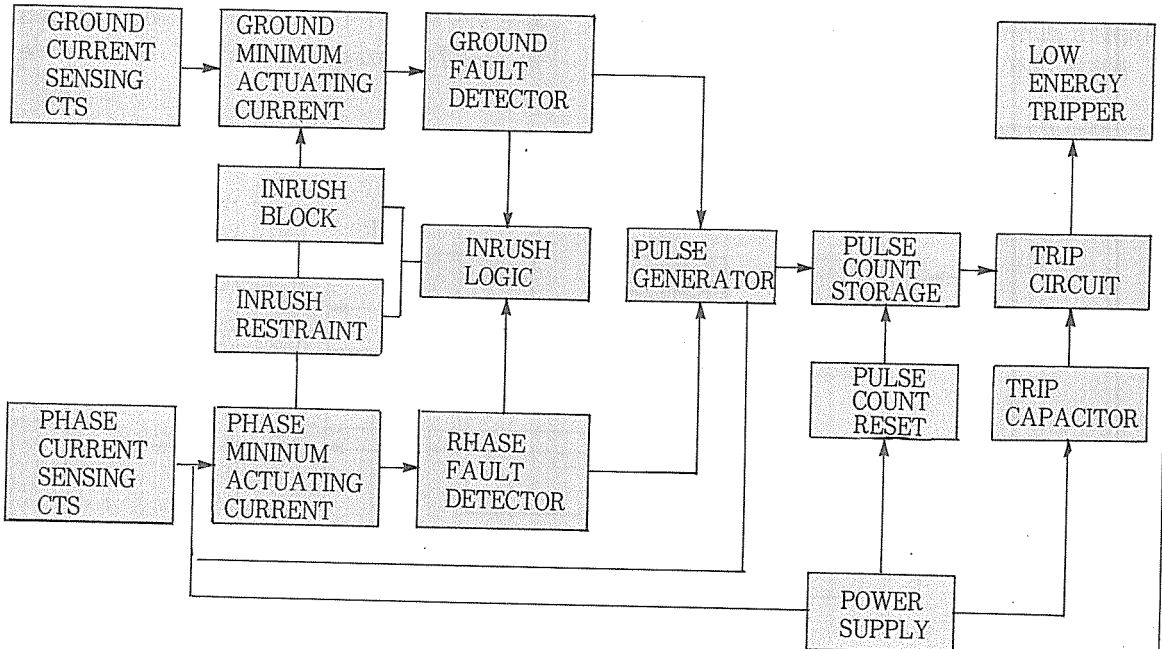
故障電流는 BCT를 통해서 Control 回路에 入力되고 最大動作電流 以上の 故障電流가 흐르면 Counting 을 준비한다. 후비개폐기가 故障를 遮斷하면 本 開閉器에 흐르는 故障電流가 제거되고, Relay 接點이 원상태로 복귀되고, Counting Condenser의 放電回路를 構成하여, Trip Coil을 여자시켜서 主接點을 開放시킨다.

2. 對象機器의 自動化 方案

이미 配電系統에 설치되어 있는 機器를 활용 할 경우 다음과 같은 機能을 수행 할수 있는 補助回路를 基本的으로 갖고 있어야 한다.

- 1) Remote Trip
- 2) Remote Lockout
- 3) Remote Close
- 4) 開閉路 狀態 表示(Trip or Close)

이하 各 開閉器들에 대한 自動化 方案을 살펴본다.



[그림 4] 電子式 制御形 Sectionalizer動作의 機能

가. 再閉路 遮斷器(Recloser)

현재 配電系統에 설치된 Recloser는 주로 미국의 WESTING HOUSE CO.의 ESV 2710 TYPE와 MC GRAW-EDISON CO. Vwve type이다. ESV 2710의 경우 制御裝置內에서 혹은 Accessory로써 遠隔地에서 制御할수 있는 기능을 갖고 있으며 Recloser 本體의 Control Panel에 Remote/Local을 선택 할 수 있다. Vwve type인 경우 遠隔에서 制御할 수 있도록 各種 Accessory를 構備해야 하는데, [그림 5]는 Recloser의 경우에 해당되는 보조회로 예를 보여준다.

나. 自動 區間 區分 開閉器

自動 區間 區分 開閉器는 Remote 制御機能을 부가 하거나 새로운 Type의 區分 開閉器를 사용 해야 한

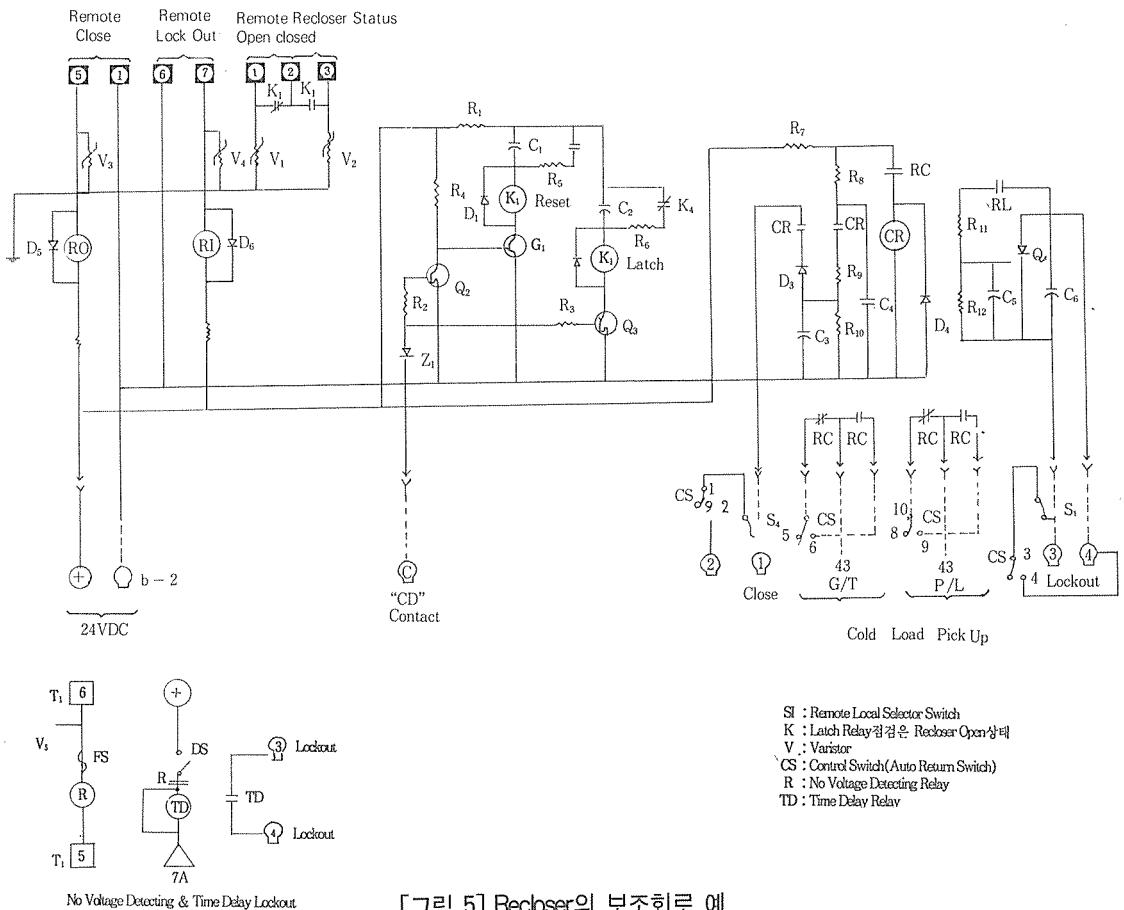
다. 必要한 부가 기능으로써는 다음과 같다.

- 1) Motor Operator
- 2) Close Solenoid Coil
- 3) Remote Close 보조회로
- 4) Remote Trip 보조회로
- 5) 보조 접점(상태 감시용)

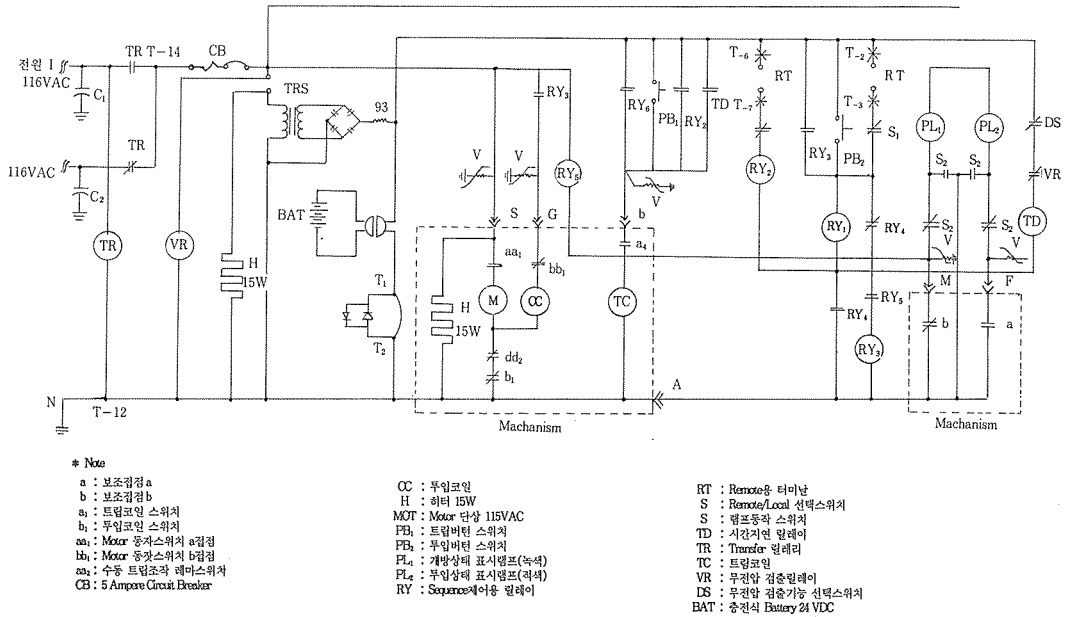
위의 機能을 實現하기 위한 보조회로 예를 [그림 6]에서 보여 준다.

다. SF₆ GAS Switch

현재 신아전기(주), 일진전기(주) 등 많은 회사에서 SF₆ GAS Switch를 製作하고 있다. 22.9KV SF₆ 가스 開閉器는 옥외의 주상에 설치하여 手動 및 自動 操作에 따라 22.9KV 配電線路를 開閉하는 目的으로



[그림 5] Recloser의 보조회로 예



[그림 6] Sectionalizer의 변경 및 개조회로

사용하는데, 故障狀態에 있어서 線路遮斷은 行하지 않은 것으로 되어있다.

이와 같은 SF₆가스 開閉器는 配電自動化 시스템과 연계를 통하여 投入 및 遮斷이 可能하도록 하여 配電線路상의 區間 開閉器로 活用하는 方法과 실시형 계통의 여건에 부합시키기 위해 상시 전원의 供給이 可能的 配電線路의 연계(TLE)점에 설치해 사용하는 方法이 있다. 초기에 개발된 SF₆가스 開閉器의 동작은 무전압 상태일 경우에 遮斷되고 가압될 경우에는 投入 Coil을 여자시키고 또 Holding Coil을 여자시켜 投入狀態를 유지하는 구조로 되어 있다. 다시 말해서 전원 공급을 하고 있는 상태에서 投入 動作이 可能하게 되어 있다. 그래서 루프형태를 이루는 配電系統의 連繫點에서 사용하여 한쪽 系統이 停電되더라도 他 系統에서 전원을 받을 수 있도록 전원회로를 양전원 공급방식으로 하여 운용하였다. 이와같은 SF₆ 가스 開閉器에 있어서 상시 전원 방식 보다는 자동형인 경우 Recloser, Sectionalizer와 협조하고, 선로 자동화의 목적에 부응 하도록 機械的 Latch mechanism 방식으로 하여 制御 전원이 없어도 投入 狀態를 유지 할수 있는 구조로 하고 원방 제어 Trip 단자와

Trip 手動 Lever에 의해서만 開放 되도록 변경되었다. 配電自動化 시스템의 自動用인 경우 SF₆ 配電制御 단말장치(RTU)의 接點에 의해서만 動作되는 구조로 되어있고, 開閉器의 制御回路의 動作상태 유무에 대해서는 開閉器 制御回路 構造가 단순 기능만으로 되어 있다.

- ① 양전원 방식 및 수전 방향 표시
- ② Battery 충전회로
- ③ 투입 및 Trip 실패 감시 판별회로
- ④ 투입 및 투입 감압표시
- ⑤ 감압 Sensing 표시
- ⑥ 투입 Solenoid 회로

III 結 論

開閉器의 自動化를 위한 基本的인 機能으로는 遠隔에서 開閉器를 自動으로 制御 할 수 있어야 하며, 또한 開閉器의 狀態를 알려 주기 위한 補助回路를 갖고 있어야 한다. 그런데 이 補助回路는 電子部品들 로써 構成되며 이러한 補助回路는 전원선 및 신호선

으로 유입되는 뇌 Surge 및 開閉 Surge에 의해 制御裝置의 電子回路 및 部品를 破損 할 수 있기 때문에 Surge 및 Noise의 저감은 開閉器 信賴度에 있어서 매우 중요하다. 따라서 制御裝置에 영향을 줄 수 있는 뇌 Surge 및 Noise의 저감방법과 制御回路 및 部品の Surge 내력평가 시험을 통해서 보다 信賴性 있는 制御裝置를 구성 하기 위해서 다음과 같은 사항을 검토 분석 하여야 한다.

1. 電氣 信號에 의한 主接點 구동

Motor 또는 Solenoid에 의한 主接點을 Trip하거나 Close 할수 있어야 한다.

2. 制御裝置의 信賴度

- ① 전원부에서의 뇌 Surge 및 開閉 Surge 저감방법
- ② 制御回路 내부에서의 Noise 발생원리를 이용한 저감방법
- ③ 各 Component의 Surge 내력 평가시험을 통해서 各 Component의 Noise margin의 Data 확보
- ④ 制御回路의 Block별 Surge Test를 통한 가장 취약한 부분의 Surge 내력향상을 위한 제안회로 구성
시험 기자재로는 IEEE나 ANSI STANDARD에 규

정된 규격을 따라서 시험 할 수 있는 KEYTEK INSTRUMENT Co.(미국) 또는 NOISE LAB Co.(일본)에서 공급하고 있다.

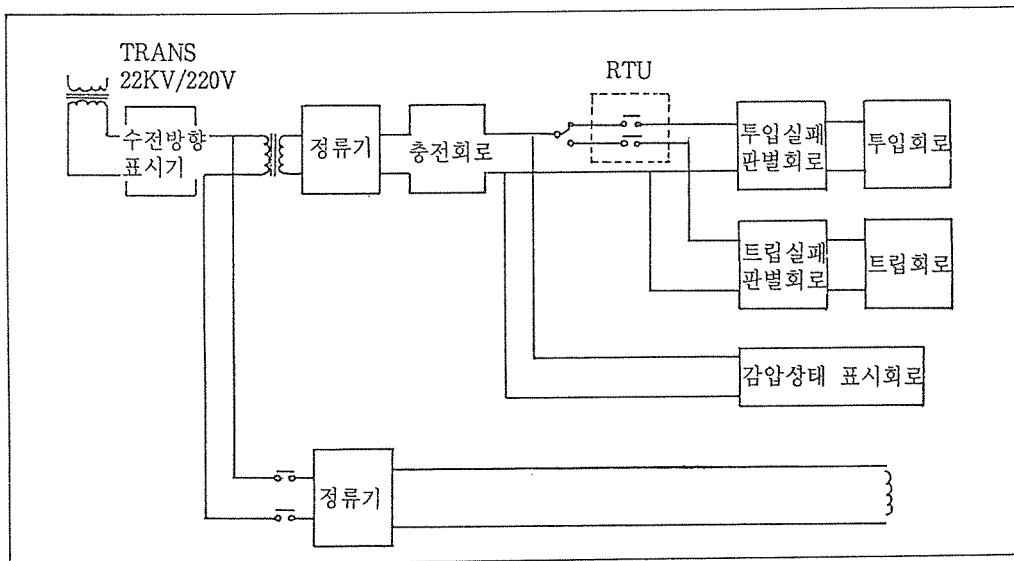
3. 高壓/帶電流部와의 電氣的 絶緣維持

高壓, 帶電流部와는 필히 電氣的으로 絶緣상태를 유지 하여야 하는데 Relay의 接點을 이용 하거나 Potocoupler를 이용 한다.

4. 開閉器 種類別 補助回路의 Module化

制御裝置의 部品 點數를 最少化 하여 이를 Module化 한다.

여러가지의 通信 方式이 소개되어 있어 中央 制御裝置로부터 開閉器 制御裝置에 信號를 발송 할수 있는데 開閉器에서는 이 信號를 받아 효과적으로 명령을 수행 할 수 있으면 된다. 本 論稿에서는 既存의 이미 설치되어 있는 開閉器들에 대하여 현재의 機能을 그대로 살리면서 補助回路와 Accessory를 부착하여 自動化에 운용하기 위한 方案을 살펴 보았다. 도시기능의 高度化에 따라서 도심 교통이 더욱 복잡해지게 되었고 이에 따라서 停電 事故 發生時 복구요원의 출동시간 지연이 더욱 심화될 것이므로 開閉器들의 自動運用이 더욱 요구 될 것이다.



[그림 7] 自動型 SF₆ Block 回路