

電力系統의 保護技術

1. 保護繼電器의 技能과 發達過程

電力系統은 發電機, 變壓器, 母線, 送配電線, 電動機及 靜止負荷 等으로 構成되어 電力의 發生에서 消費까지 行하고 있다.

그러나 이들 機器만으로는 安定한 運轉을 할 수 없으며 人體의 神經系統과 마찬가지로 各種 制御, 測定 裝置 및 保護裝置 等이 必要하다.

이中 特別히 保護繼電量(Protective Relay)은 電力系統이나 그 機器 等의 保護를 맡고 있는 機器이다. 即 發電機, 變壓器, 線路, 遮斷器 等に 絕緣破壞 等 故障이 생기거나 系統自體의 異常運轉이 發生했을 때에는 即時 그 故障部分을 系統에서 分離하여, 故障, 異常이波及되어 電力供給支障에 이르는 것을 防止하며 또 不得已한 境遇에도 供給支障을 最小限으로 抑制하고 機器, 施設의 損傷을 最小限으로 하는 것이 保護繼電器의 基本的인 機能이다.

그러나 保護繼電裝置는 故障의 檢出과 遮斷個所를 總合判斷하는 裝置이기 때문에 遮斷器와 組合하여 一連의 動作을 完了함에 依하여 비로서 保護目的을 達成하게 된다. 따라서 保護繼電器와 遮斷器와의 性能協調 C.T, P.T의 變成比, 特性 等과의 協調에 對해 充分히 留意할 必要가 있다.

電力供給이 始作된 當初에는 電力系統은 小容量發電機와 低壓, 짧은 巨長의 單一給電線으로 構成되어 있었다. 그 給電線에 過負荷나 短絡事故가 생겼을 때, 그대로 放置하면 線路나 發電機의 過熱, 燒損을 이르기므로 負荷入口나 發電機出口에 Fuse를 넣어 그 溶斷으로 이것을 防止하였다. 그러나 Fuse는 溶斷 때마다 取替하는데 不便하고, 給電回復에 時間이 걸리며, 또 發電機容量이 커지면 過電流가 커져서 그 圓滑한 遮斷이 안되므로 遮斷器라는 遮斷能力이 강한 裝置를 써서 付屬된 電磁石 Coil을 線路에 直列로 넣어서 過電流가 생기면 그 Coil이 Plunger를 끌어 올려 遮斷器의 Trip

機構를 때려서 遮斷시키는 直列 Trip 방식이 開發되었다(1901年 以前). 그러나 一時的인 過電流때에도 遮斷器가 Trip 되는 것을 防止하기 爲해 時限을 줄 必要가 생겼으며 이 때문에 限時 要素를 가진 過電流繼電器가 생겼다(1901年). 또한 電力系統의 擴張은 地絡故障때에도 問題點이 提起되었다. 即 中性點非接地로 一線地絡을 放置할 때에는 對地電位上昇으로 健全相 絕緣破壞 等 여러가지 支障을 招來하므로 接地過電流繼電器가 出現하게 되었다. 또 接地繼電器의 檢出感度を 높이기 爲해 中性點抵抗接地, Reactor 接地 等으로 發展되었다. 初期에는 主로 過電流繼電器에 依한 時限差方式을 適用하였으나 系統의 擴張에 따라 方向性繼電器로 變遷하였다(1910年). 그 理由는 初期의 放射狀系統에서 環狀系統으로 發展함에 따라 電源이 2個以上이 되어, 故障地點에 依해 流入電流方向과 크기가 달라지므로 單純한 過電流繼電器에 依한 時限差方式은 成立되지 않으며, 따라서 系統電壓을 基準으로 過電流가 어떤 方向인때는 動作하고 逆方向에는 動作하지 않도록 하는 方向過電流繼電器의 開發로 環狀系統에도 時限差方式이 成立할 수 있게 되었다.

方向過電流繼電器의 出現으로 一但, 解決된 듯한 電力系統도 더욱 規模가 擴大되면서 새로운 繼電器를 採用하지 않으면 안되었다. 方向繼電器의 時限差方式에서도 故障點이 電源에 가까울수록 故障電流가 커지는 反面 故障遮斷時間이 延延된다는 不合理點과 直列區間段數가 많아지면 電源가까운 故障의 遮斷이 매우 길어져 時限差方式으로는 協調가 어렵다는 點이 남아 있기 때문이다. 上記의 不合理點을 除去하기 爲해 距離繼電方式이 開發되었다(1922年). 即 故障時에 繼電器에 걸리는 電壓과 電流의 比를 測定하여 繼電器 設置點에서 故障點까지의 Impeadance, 即 兩點間의 電氣的 距離에 따른 時限으로 動作할 수 있는 距離繼電器가 開發되었다. 그러나 距離繼電器로도 保護區間內的 모든 故障을 高速度로 遮斷할 수 없다는 問題點이 있어서 이것을 改善하기 爲해 表示線繼電方式, 搬送繼電方式, Micro 波繼電方式 等 通信手段으로 相對端繼電器

* 正會員: 韓電系統運營部 繼電器課長

의 動作狀況을 連絡하여 區間內 모든 故障를 確實하게 高速度로 遮斷하는 方式이 開發되었다(1936年).

이와같이 保護繼電方式은 電力系統의 擴張과 함께 發展하였으며, 根本的인 目標는 故障區間만을 正確하게 選擇하여 高速度로 遮斷하는 것에는 變함이 없다.

우리 電力系統은 主幹線인 154KV系가 從來에는 P, C 接地系였으며 短絡保護로 三段時限距離繼電方式을 使用해 왔으나 1968. 11. 3 直接 接地系로 轉換되었고, 이에 따라 距離方向比較搬送繼電方式을 採用하게 되어 現代의 面貌를 갖추게 되었다.

2. 搬送繼電方式

우리 電力系統의 154KV系 主保護로 使用되는 搬送繼電方式의 概要를 說明한다.

從來의 三段時限距離繼電方式의 問題點은 아래와 같다.

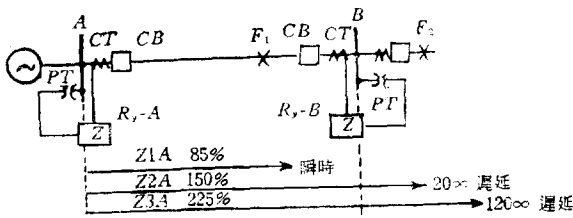


圖 1 三段時限距離繼電方式

即 圖 1에서 A端의 距離繼電器(Ry-A)는 A, B 間 保護가 任務인 距離를 100% 正確히 測定하지는 못한다. 即, 保護區間 A-B間 故障에는 正確히 動作하고 區間外 即 B端보다 遠方故障에는 絶對로 動作안도록 할 수는 없다.

그 理由는 ① Relay 自體의 誤差, ② C.T, P.T의 誤差, ③ 故障電流中的 直流成分의 影響 등으로 10~15%의 誤巨를 갖고 있기 때문이다. 따라서 臨時動作하는 Zone 1은 一般으로 保護區間 A, B의 85% 以內 故障에만 動作하도록 整定하여 區間外 故障에는 絶對로 動作안도록 하고, 그 以後의 故障은 20 cycle 遲延動作하는 Zone 2로 除去하도록 하고 있다.

따라서, 兩端區間을 合한 30%는 한쪽 端子는 Zone 2로 20 cycle 遲延動作하며, 故障除去時間이 길어짐을 免할 수 없다.

搬送繼電方式은 上記 缺隱을 除去하기 爲해 開發된 方式이며, 區間內의 모든 故障를 高速度로 除去할 수 있는 方式이다. 圖 1에서 Ry-A는 區間內故障 F

區間外 故障 F₂와의 區別을 하기 어렵지만 두 故障이 모두 內部方向故障인 것은 알 수 있다. 그러나 Ry-B는 F₁과 F₂ 故障은 電流方向이 反對이므로 明確히 內部, 外部方向故障을 區別할 수 있다. 따라서 Ry-A는 Ry-B의 情報를, 迅速하게 通信手段으로 받아서 綜合判斷하면 區間內故障에만 動作하기가 容易하다.

이렇게 「被保護區間의 各端子間에서 故障狀況을 相互連絡하여 遮斷與否를 決定하는 保護繼電方式」을 Pilot 繼電方式이라 한다.

各端子間에 瞬時로 連絡하는 通信手段을 Pilot라 하며, 이 Pilot에는 現在 다음의 3種類가 있다.

- Pilot { Wire Pilot 60~300Hz(15KM 未滿)
- Carrier Current Pilot 30~200KHz
- Micro Wave Pilot 900~6000MHz

우리 系統에 適用되고 있는 것은 이 中 搬送波(Carrier Wave)를 電力線에 얹는 Power Line Carrier이며 周波數는 30~200KHz, 出力은 1~10W 程度의 高周波電流를 送電線에 얹어서 相互通信手段으로 한다.

이 搬送繼電方式은 어떤 情報를 比較 傳送하는가에 따라 아래의 3種類로 分類된다.

가. 方向比較方式

各 端子의 故障檢出繼電器, 內部方向繼電器 等の 動作結果에 따라, 搬送波의 送信을 制御하고 兩端子가 同時에 區間內 方向에 故障點이 있다고 判定했을 때, Trip 하는 方式이다.

主繼電器의 種類에 따라 電力方向比較方式 또는 距離方向比較方式이라 하며 우리 系統에는 後者를 主로 適用하고 있다.

나. 位相比較方式

各 端子에서 電流의 半波마다, 送信을 反復함에 依해 兩端子의 電流位相을 比較하여 故障點 位置를 判斷한다.

다. 轉送遮斷方式

어느 端子에서는 事故點이 內部故障임을 正確히 判斷될 때, 이 條件을 他端子에도 轉送하여 全端子를 高速度遮斷하는 方式이다.

自端繼電器의 動作狀態를 相對端에 傳送하는 方式은,

- ① 常時送出 Trip 阻止方式
- ② 故障時送出 Trip 阻止方式

이 있으며 우리는 故障時 送出 Trip 阻止方式을 使用

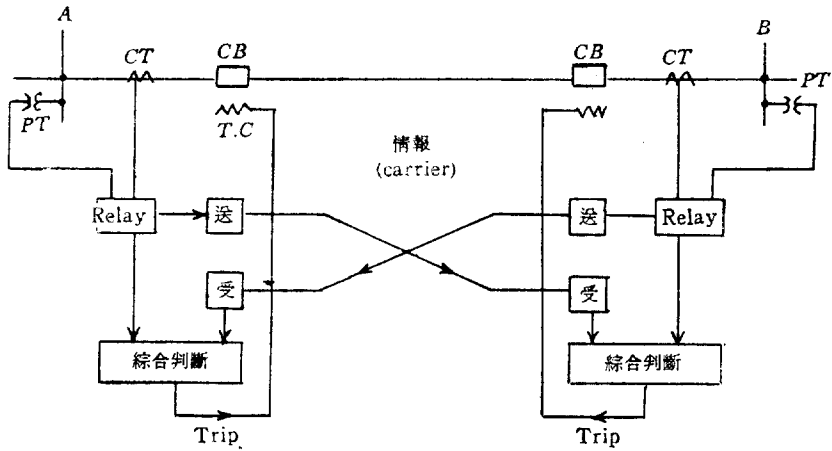


圖 2. 搬送繼電方式의 原理

하며, 이 방식은 常時에는 搬送波를 送出하지 않으며, 外部故障時에는 故障檢出繼電器가 動作하여 搬送波를 送出하며, 內部方向繼電器가 動作하면 送出을 停止한다. 他部에서의 搬送信號를 受信하면 Trip 回路가 開放되어 Trip이 阻止된다.

우리 系統에 適用된 方向比較方式에 對한 簡單한 動作原理는 圖 3과 같다.

圖 3 (a)의 內部故障點을 F_1 이라면 各端子의 故障電流 I_A, I_B 는 다 같이 內部方向이므로 內部方向繼電器가 動作하여 搬送波는 送出되지 않으며 兩端子가 다 Trip 回路는 內部方向繼電器(R_y-I)接點과 受信繼電

器의 接點이 直列로 있어서 Trip 된다.

圖 3 (b)의 B端子. 外部故障點을 F_2 라면 故障電流 I_A 는 F_1 때와 같고, I_B 는 逆方向으로 되어 A端子에서는 R_y-I 가 動作하고 B端子는 R_y-O 가 動作한다. 이 繼電器에 依해 B端에서 搬送波가 送信되어 A端 受信繼電器가 動作하여 85R接點이 開放되므로 R_y-I 接點이 붙어도 Trip은 阻止된다.

(c)의 A端子外部 F_3 點故障는 (b)의 逆이 되어 A端子에서 逆出되는 搬送波로 B端 Trip이 阻止된다.

電力系統은 合理的 運用을 目的으로 長距離送電線을 連繫하여 定態安定度近傍에서 運轉하는 경우가 많으

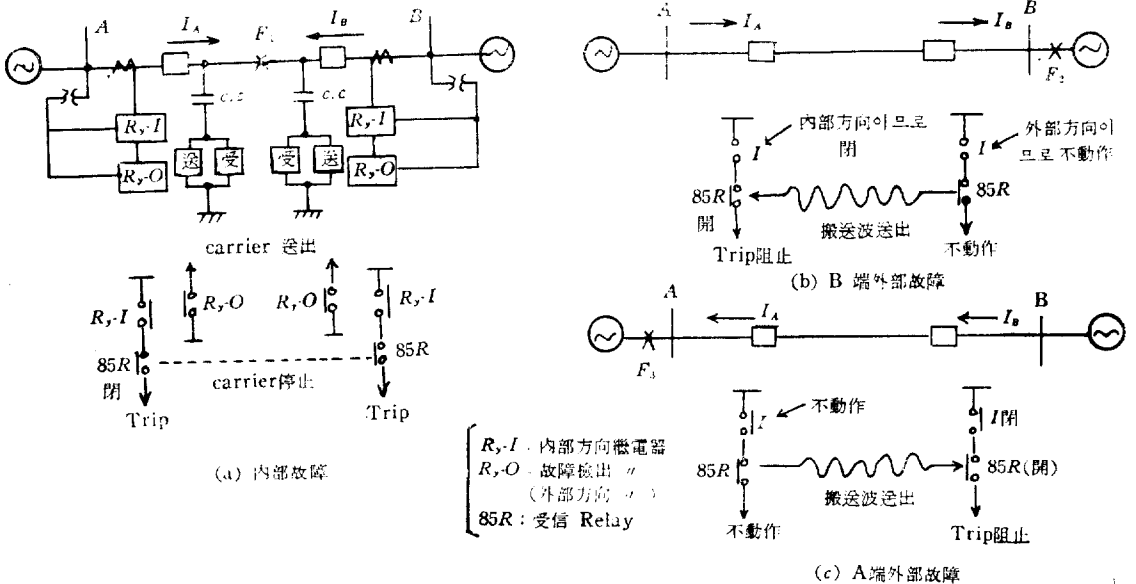


圖 3. 方向比較方式 原理圖

로 系統內의 故障이나 負荷急變으로 脫調할 機會가 있다. 이를 防止하기 爲하여 送電線 增設에 依한 系統의 強化, 故障의 高速度除去 및 再閉路 等を 採用하여 安定度를 向上시켜 脫調을 일으키지 않도록 하고 있다. 同期脫調現象은 2群의 發電機間의 同期가 벗어나는 것이며 同期가 벗어나면 發電機間의 電壓位相이 相對的으로 變하여 逆位相이 될 때는 發電機間의 電氣的 中心點에 3相短絡이 생긴 때와 같은 電流가 흐른다. 따라서 線路用 短絡距離繼電器는 誤動作하게 된다.

그러므로 一般으로 脫調繼電器를 設置하여 脫調時 線路距離繼電器 動作에 의한 系統의 無秩序한 解列을 防止하고 있다. 搬送繼電裝置의 短絡主保護로 쓰이는 距離繼電器에도 脫調時 誤動作을 防止하기 爲해 다음과 같은 脫調繼電器를 追加하여 있다.

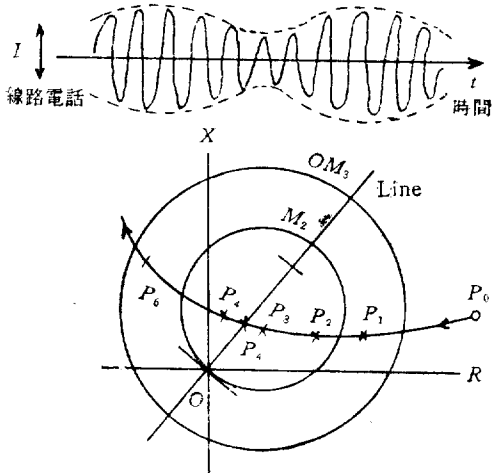


圖 4. 脫調軌道

同期脫調과 短絡을 區別하는 데에는 圖 4와 같이 短絡距離繼電器의 Zone 2 또는 Zone 3인 M_2 에 同心이 되는 脫調繼電器 OM_3 를 附加하는 方式을 쓴다.

同期脫調때에는 繼電器側에서 본 Impedance 軌跡이 負荷點 P_0 에서 徐徐히 P_1, P_2, P_3, P_4 로 移動해 가는데 反하여, 短絡的 故障時에는 P_0 에서 臨時로 P' 로 移動하므로 이 軌跡移動의 時間差를 利用하는 것이다.

系統에 따라 다르지만 同期脫調時 P_0 에서 始作하여 P_0 를 거쳐 一周하고 다시 P_0 까지 돌아오는 時間은 大體로 1秒 乃至 2.3秒가 된다. 따라서 同期脫調의 軌跡이 OM_3 動作부터 M_2 動作範圍까지 移動하는데에 約 70ms 程度의 時間差가 있으면 短絡時 臨時移動하는 것과 區別이 되므로 同期脫調時의 高速度遮斷을 Lock할 수 있다. 即, 圖 5에서 OM_3 가 動作한 後 다음에 M_2 가 動作할 때까지 70ms 있으면 56A 動作으로 Self-Holding 시키고 56A의 b接點이 開放되어 Trip을 阻止한다.

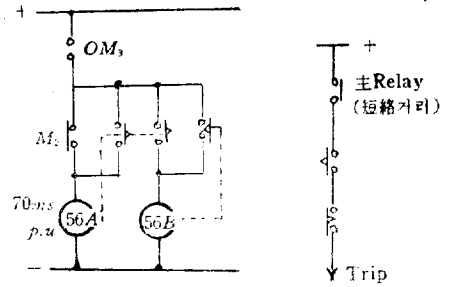


圖 5. 脫調 Lock 回路

또 同期脫調周期가 빨라지면 56A는 動作할 수 없으므로 56A로 56B를 Self-Holding시켜 이것에 限時復歸特性을 갖게 하여 Trip을 阻止시킨다.

한편, 短絡故障時는 OM_3 와 M_2 가 同時에 動作하여 56A는 Pick up 안되므로 56A, 56B의 b接點은 붙은 채로 있어 Trip 回路가 構成된다.

送電線 事故의 大部分은 雷擊에 依한 閃絡事故이므로 事故區間을 高速度遮斷하여 送電線을 無電壓으로 하면 事故點 Arc는 消滅하며 消ion時間後 再閉路시키면 그대로 送電을 繼續할 수 있는 경우가 많다. 우리 154 KV系에도 過渡安定度의 向上 및 事故의 自動復舊을 目的으로 再閉路時間 15~20 cycles로 三相高速度再閉路를 하고 있다.

3. 앞으로의 系統保護方式의 展望

電力需要의 繼續的 成長과 發電機 單位容量의 大型化로 各 地域間 隔通電力은 增加趨勢에 있으며 이에 對處하여 大容量의 送電能力을 가진 超高壓送電線이 必要하게 된다.

이 超高壓送電線에서 故障除去의 失敗, 또는 故障除去時間의 遲延 等이 發生하면, 系統全體에 波及하여 大停電으로 될 可能性이 높으므로, 系統構成의 強化와 더불어 故障除去를 爲한 保護繼電裝置도 從來보다 한층 높은 性能과 動作信賴度를 確保해야 할 것이다.

또 超高壓變電所는 $1\frac{1}{2}$ C.B 母線(또는 Ring 母線)이나 單捲變壓器 等 從來보다 새로운 設備과 回路構成을 採用하기 때문에 保護繼電方式도 이들과 調和된 方式으로 해야 할 것이다.

우리는 이 超高壓系統으로 345KV系統을 採用하고 建設을 推進中에 있으며 아마도 1976年頃에는 運轉될 것을 期待하고 있다.

이 345KV系統에 通用될 保護繼電方式의 特色은 아래와 같다.

첫째, 送電線 主保護를 二系列化한다. 即,

○ 一次主保護: 電力線搬送 距離方向比較 方式이며 Static Type Relay를 使用한다.

○ 二次主保護: 電力線搬送 制御 Under-reach 轉送遮斷方式이며 從來와 같은 電磁式 Relay를 使用한다.

一次, 二次保護에 各各 後備保護를 具備한다.

둘째, 主保護에 脫調檢出方式을 具備한다. 即,

이 脫調繼電器는 Blinder Type(또는 Lens Type) Impedance 特性을 갖고 있어 脫調時 Trip 阻止 또는 回復不可能한 脫調에는 適當한 位相角에서 Trip 하도록 選定할 수 있다.

셋째, 345KV 遮斷器에는 Local Breaker Back up 保護를 具備한다.

이 Local Breaker Back up保護는 線路나 機器의 故障時, Trip 해야 할 遮斷器가 故障으로 Trip하지 못할 경우, 이대로 放置하면 故障遮斷器나 線路的 被害를 擴大시키므로 隣接遮斷器로 故障을 除去하는 방식이다.

넷째, 過渡安定度 向上을 目的으로 高速度 再閉路方式을 適用한다.

一回再閉路이며, 3相 또는 單相再閉路를 할 수 있다. 다섯째, 遮斷器의 Trip Coil, C.T를 2系列化하고, Line C.PD를 設置하여 保護의 高性能化와 動作信賴度의 向上을 期한다.

上述한 保護操作은 繼電器가 事故後 自動的으로 行하는 것이며, 이 動作後, 그 原因은 무엇인지, 어떠한 故障인지, 어디에서 일어난 것인지, 또는 그 損傷이 어느 程度인지를 調査하고 記錄하는 것이 從來의 方法이었다. 그러나 故障이나 異常이 일어난 機器, 또는 地點, 더 나아가 그들의 內容도 同時에 自動的으로 指示 또는 記錄하게 하고 싶은 것은 말할 것도 없다. 送電線故障點標定器(Line fault Locator), 故障自動記錄計(Fault Recorder) 등은 이런 要求에 呼應하는 것으로서, 345KV 配電盤에는 附加될 豫定이다. 이와같은 故障과 異常의 情報提供에 關한 機能은 保護繼電器의 새로운 機能으로 要求되고 있다.

〈16p 계 속〉

度는 어려울 것이나 新線은 勿論이고 既設線路를 電化方向으로 決定하는 것이 좋으리라 思料된다. 都市交通緩和問題에 있어서는 人口增加에 따라 都市集中現象은 各國이 다 같으며 自動車臺數의 增加率은 人口 增加率을 알지르며, 最近에는 排氣瓦斯 騒音 등으로 空氣汚染 및 不快感으로 人類의 健康뿐 아니라 全生物의 壽命問題가 擡頭되고 있으므로 路面交通으로는 解決策이 어렵다는 것이고 都市人口 500萬名 以上을 超過하면 地下鐵만이 緩和手段이라는 決論이다.

運轉速度向上問題에는 經濟性和 安全度에 限界가 있으며 佛蘭西에서 331km/h의 記錄을 세운지 20년이 지났어도 現在 200km/h 程度로 運行中이고 日本에서도 같은 程度의 速度이다.

그러나 輸送量이 많은 大都市를 連結하는 新線路에는 速度向上을 爲하여 繼續研究中에 있으며 從來의 驅動方式인 車輛과 軌條間의 磨擦을 利用한 方式으로는 限界가 있는 것으로 보고 새로운 방식이 實驗中에 있다. 即, 리니아 모-타方式 空氣浮上方式 磁氣浮上方式 等

이 있다.

韓國鐵道の 電化展望은 石炭, 시멘트 等 主要產物의 輸送隘路를 克服하기 爲하여 單線이고 高勾配線路, 隧道가 많은 中央線을 第一順位로 電氣機關車에 依한 電化로 輸送隘路를 解決하였고 工事中인 嶺東線이 完成되면 觀光資源이 豊富한 雪嶽山 一帶의 開發에 큰 役割을 할 줄로 안다.

또한 首都圈電鐵의 完成으로 京仁線이 電化되고 京釜線은 水原까지 完成되었으므로 漸次로 大田, 大邱로 延長 釜山까지 幹線電化計劃이 推進되기를 바란다.

또한 서울의 地下鐵은 第二號線에서 第五號線까지 計劃이 되어 있고 漸次推進되며 都市交通이 大幅 緩和되기를 期待한다. 그러나 地下鐵工事は 莫大한 資金및 資材가 所要되고 交通에 支障을 避하는 措置를 取하면서 工事하는 困難을 勘案하면 人口增加가 더하지 않고 比較的 交通量이 적은 短時日內에 着工함이 有利하다고 思料한다.