

고속 전철에서의 중전기 응용

한 규 환

(현대정공 기술연구소 이사)

1. 序 論

交通手段을 效率的으로 잘 活用하는 나라가 世界의 主導權을 行事해 왔다면 지나친 飛躍이라고 생각 하는 사람이 있을지 모르겠으나, 해가 지지않는 나라로 찬란한 文化와 富를 謳歌했던 英國은 19世紀 産業革命에 依해 世界 最初の 蒸氣 機關車를 開發했고, 20世紀初에 들어 世界의 富를 누렸던 美國은 그 야말로 自動車의 나라라고 할만큼 많은 自動車를 開發해 왔다.

이제 맞이 해야될 21世紀의 世界 역시, 어떤나라가 새로운 交通 SYSTEM을 開發하느냐 하는것도 關心의 對象이 아닐 수 없다.

앞으로는 지금까지 살아온 世代보다도 더많은 사람의 交流와 情報의 傳達 및 物資의 移動이 必要하기 때문이다.

지금 研究에 拍車를 加하고 있는 21世紀의 航空分野도 超音速 旅客機가 商業化되어 그들의 主張대로 서울에서 LOSANGELES 間을 4時間帶에 飛行한다면 世界는 어떻게 變貌할 것이며, EUROPE 大陸에서 英國 DOVER 海峽을 海底로 通過하는 超高速 列車에 依해 EUROPE를 한 덩어리로 묶고, EUROPE 大陸에서 ASIA 大陸을 橫斷하는 超高速 列車이 實用化된다면 世界는 어떻게 變貌 할것인지를 생각해 볼 때, 一日 生活圈에 놓인 世界는 社會, 經濟, 文化面에서 急速한 變化를 겪게 될 것은 分明하다.

이러한 時代的 變化에 順應하기 爲해 우리나라에서도 서울, 釜山을 2時間帶로 運行 할 수있는 超高速 列車이 推進되고 있고, 이 서울, 釜山間을 軸으로 하는 京釜 高速電鐵이 完工된 후 서울에서 光州, 서울에서 江陵을 連結하는 國土綜合 開發圈의 高速電鐵이 運行된다면, 地域間 時間的 距離가 短縮되고 國土 構造도 많이 變貌할 것이며, 行政機關의 地方 移轉이나 서울 中心의 經濟的, 文化的 技能들이 地方으로 많이 分散되어 좁은 國土지만 보다 效率的으로 活用될 것으로 期待된다. 이러한 命題를 안고 推進되는 우리나라의 高速電鐵事業을 생각하면서 이미 實用化된 先進各國의 高速電鐵에서 使用되고 있는 重電機器들이 어떻게 應用되고 있는지 살펴 보기로 하자.

2. 世界 各國의 高速電鐵

2.1 日本

日本은 1964年 東京 올림픽을 契機로 東京과 大阪間을 運行하는 東海道 新幹線을 開通하였다. 1964年에 開通되기까지 日本은 1950年代 末境부터 年平均 10% 以上の 高度 經濟成長과 이러한 成長에 依해 輸送需要가 急增하고, 또 올림픽이라는 大事業 遂行을 爲해 所謂 밀하는 彈丸列車 計劃의 一環으로 着手한 것이다.

그 以後 山陽線, 東北線, 上越線 등이 開通되었고 新幹線 第 4世代라고 하는 300km/h帶의 設計速度를

갖는 300계가 試驗中에 있어, 이는 既存 210~240 km/h帶의 最高速度에 比해 많은 速度向上과 性能改善을 한 高速電鐵이다.

또한 日本은 車輪에 依하여 RAIL위를 달리는 高速電鐵의 開發과 並行하여 磁氣浮上 SYSTEM (MAGNETIC LEVITATION SYSTEM)에 依한 高速列車의 研究 開發도 繼續하여 왔다.

車輪과 RAIL의 粘着力에 依한 高速電鐵의 速度는 速度가 增加할수록 粘着係數가 떨어지기 때문에 速度 向上이라는 것은 어쩌면 限界가 있다고 보며, 車輪과 RAIL이 接觸할때 생기는 騒音, 振動에 依한 乘車感 低下等의 問題가 있어 이러한 問題들을 解決하기 爲하여 開發하기 始作한 것이 磁氣浮上 列車인 것이다.

磁氣浮上 列車은 優先 非接觸 走行方式이기 때문에 粘着係數의 影響을 받지않으며 騒音과 振動도 最小化 할 수 있다.

日本은 1987년 所謂 MLU 001 이라는 것을 開發하여 時速 400km/h로 試驗走行 하는데 成功한데 이어 이듬해인 1988년 末境에는 MLU 002도 試驗走行에 成功하였는데, MLU 002는 MLU 001의 많은 問題點을 改善한 것으로서 側壁浮上 方式을 採擇하여 눈이 많이 쌓인 案内軌道의 問題點을 解決하는데 主眼點을 두고 開發된 것이다.

2.2 FRANCE

FRANCE는 TGV 第 1世代 라고하는 PARIS-LYONS 間의 東南線을 最高速度 300km/h(營業 最高速度 270km/h)로서 商業運轉을 開始한 以來 2年後인 1989년 TGV 第 2世代라고하는 大西洋線을 營業 最高速度 300km/h로서 PARIS-LE MANS 間을 運行하고 있다.

이어서 FRANCE는 1990년에 515.5km/h의 最高速度 運行까지 成功한 바 있으며, 지금은 TGV 第 3世代라고 하는 高速電鐵을 BELGIUM과 NETHERLANDS 및 海底 TUNEL을 利用하여 英國까지 運行할 北 EUROPE 線 計劃을 세워놓고 推進中에 있으며, FRANCE와 英國 間의 DOVER 海峽 TUNNEL 中 豫備 TUNNEL이 1990년 12월에 開通된 바 있다.

2.3 獨逸

獨逸은 日本이나 FRANCE처럼 아직 高速電鐵이 大衆交通 手段으로서 商業化 되지는 않았으나 最高速度 407km/h(營業 最高速度 280km/h)로서 試驗用 高速列車가 試驗되고 있는 狀態로서 1991년에 商業化 營業運轉을 目標로 하고 있다.

오히려 獨逸은 車輪과 RAIL의 粘着에 依한 高速電鐵 方式보다도 어떻게 하면 車輪과 RAIL이 粘着되지 않는 浮上式 非粘着 方式에 依해 高速列車을 實用化 할수 있느냐에 더 큰 關心을 보여온것 같다. 1960년대末 부터 空氣浮上式을 筆頭로 永久磁石을 利用한 浮上 및 推進 SYSTEM을 研究하여 所謂 TR01-TR07까지 發展되어 왔다.

浮上方式은 軌道側은 鐵板-常電導磁石, 車輛側은 常電導磁石으로서 常電導 吸入式 浮上方式이며, 1988년에 完成된 TR07은 460km/h의 試驗走行 速度를 이룩했다.

그外 ITALY의 ETR-500, SWEDEN의 X-2등 高速電鐵을 開發中이거나 運行中인 나라가 있으나, 이 章에서는 日本, FRANCE, 獨逸 等 代表的인 高速電鐵 保有國의 現況만을 簡略하게 紹介하였다.

3. 高速電鐵의 電力供給 方式

高速電鐵에서 使用되고 있는 動力 및 推進 SYSTEM 構成(地上 電力設備)에 대하여서는 이미 營業運轉 되고 있는 日本의 新幹線과 FRANCE의 TGV, 그리고 營業運轉 直前에 있는 獨逸의 ICE를 中心으로 살펴 보기로 하자.

3.1 日本

日本은 이미 營業 運行中인 高速電鐵 LINE이 많은데 新幹線은 高速運轉을 하기 때문에 1 編成의 列車에 必要로 하는 電力이 아주 크고 負荷變動도 크기때문에 電源電壓이 變動하면 一般 電力系統에 影響을 주게되므로 이를 防止하기 爲하여 可能하면 大用量이 必要하다.

그래서 日本의 境遇는 東海道 新幹線은 77KV-154KV, 山陽線은 220KV-275KV, 東北線, 上越線, 新幹線은 154KV-275KV 系統의 電源으로 되어있다.

그림 1은 超高压 直接受電 方式의 概略圖이다. 受電方式은 東海道 新幹線에서는 專用 變電所나 電力會社의 母線 또는 送電線에서 3相 交流 77KV

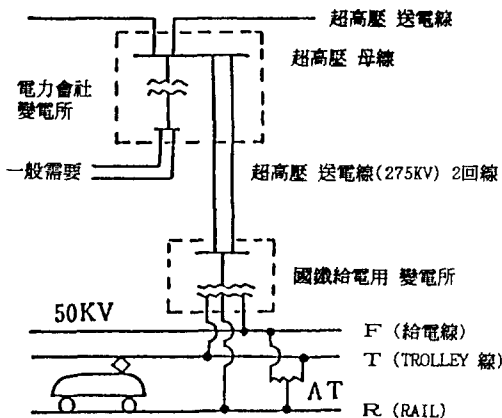


그림 1. 超高压 直接受電 方式의 概略圖

-154KV 2回線으로 受電하여 電源의 不平衡이나 電壓變動에 依한 나쁜 影響을 防止하기 爲하여 3相 短絡容量 500MVA 以上の 電源이 基準이 되어 選定되었다. 山陽 新幹線은 電源電壓의 變動을 적게 하기 爲하여 AT方式을 採擇하고 變電所間 距離도 넓혀 安定된 超高压 系統의 3相 短絡容量 4000MVA級 專用의 超高压 送電線 220KV-275KV를 2回轉으로 直接 受電하고 있다.

表 1은 日本 新幹線 各 LINE別 給電用 變電所의 比較表이다.

3.2 FRANCE, 獨逸

EUROPE 國家인 FRANCE나 獨逸은 東洋圈인 우리나라나 日本과는 달리 變電所에서 單相電源을 受電하는 方式이 많다.

또한 FRANCE나 獨逸은 大規模의 自家發電을 하

표 1. 日本 新幹線 各 LINE別 給電용 變電所 比較표

구 분		東 海 道	山 陽	東 北, 上 越
給電方式	變電所 間隔	20km	50-70km	50km
	給電方式	BT 給電方式	AT 給電方式	AT 給電方式
	給電區分	上下線別 異相給電	方面別 異相給電	方面別 異相給電
受電電壓		77KV-154KV	220KV-275KV	154KV, 275KV
給電用變壓器	形 式	SCOTT 結線 變壓器	變形 WOOD BRIDGE 結線 變壓器	SCOTT 結線 變壓器變形 및 WOOD BRIDGE 結線 變壓器
	容 量	300MVA×2臺	150-200MV×2臺	A100-150MVA×2臺
	運轉方式	竝列運轉	UNIT 方式 單獨運轉 (1臺 豫備)	UNIT 方式 單獨運轉 (1臺 豫備)
單卷變壓器		-	10MVA×4	10MVA×4
遮斷器	受電用	空氣遮斷器, 油遮斷器	GAS 遮斷器 2臺 (100% 豫備)	GAS 遮斷器 2臺 (100% 豫備)
	給電用	空氣遮斷器, 油遮斷器 4臺	GAS 遮斷器 6臺 (50% 豫備)	GAS 遮斷器 4臺 (相互 豫備)
	切替用	-	空氣遮斷器 8臺 (100% 豫備)	真空遮斷器 8臺 (100% 豫備)
給電保護		距離繼電機(3重系) + 過電流繼電機	距離繼電機(3重系) + 中間檢出方式	距離繼電機(3重系) + 中間檢出方式
給電延長		遠隔操作	遠隔操作	遠隔操作

표 2. 대표적인 고속전철 국가의 전력설비 특징 비교표

區 分	日本東北新幹線	FRANCE TGV (大西洋)	西 獨 ICE	
變電設備	主變壓器	變形 WOOD BRIDGE 또는 SCOTT 結線 變壓器 150MVA×2	單相 變壓器 50MVA+2	
	給電方式	單卷 變壓器(AT) 方向別 異相方式	單卷 變壓器(AT) 上下 方面 同相方式	左同
	開閉裝置 (遮斷器)	GIS	GCB	左同
遠隔方式	制御方式	遠隔監視制御	左同	左同
	操作方式	COMPUTER	左同	左同

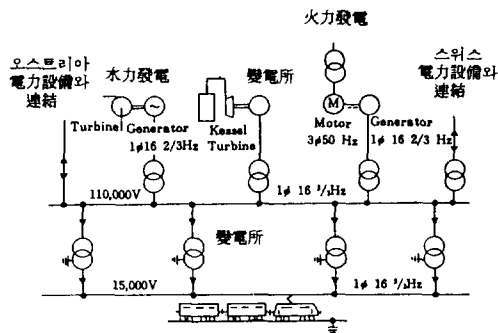


그림 2. 獨逸 ICE 電力 系統圖

여 電力을 確保하며, FRANCE 國鐵의 境遇는 約 30%가 自家發電으로 運營되고 있는 實情이다.

受電形態는 FRANCE 高速電鐵에서는 220KV를 50KV로 낮추어 AT 方式으로 給電되며, 特殊 周波數 地域은 110KV를 變壓하여 架線에 電力을 供給하고 있다.

그림 2는 獨逸 ICE 電力 系統圖이며, 表 2는 代表的인 高速電鐵 運行國의 電力設備 特徵 比較表이다.

4. 高速電鐵用 主要 電氣機器

이미 運營實績이 있는 代表的인 3個國(日本, FRANCE, 獨逸)의 高速電鐵 SYSTEM과 主要 電氣機器에 대하여 살펴보기로 하자.

高速電鐵이 아닌 一般 鐵道車輛에는 國內의 境遇,

DIESEL 機關車나 電氣 機關車, 電動車等に 牽引 電動機나 變壓器, 整流器等이 使用되어 왔는데 高速電鐵用 보다는 容量이 적은 것들이다. 高速電鐵 車輛 SYSTEM 方式이 動力 集中式과 動力 分散式이 있기 때문에 電氣機器 容量의 크기는 약간 다르다.

4.1 日本 新幹線

日本 新幹線은 앞에서 言及한 바와 같이 이미 第 4世代라고하는 300系까지 發展되어 왔으며, 日本은 動力 分散式 推進 SYSTEM이기 때문에 西歐의 動力 集中式보다는 機器容量이 적은 것도 있다.

그림 3은 新幹線 300系の 主回路圖이다.

4.1.1 變壓器

車輛下部의 制限된 높이에 取附해야 되기 때문에 外鐵形 構造로서 2次卷線은 여러 個의 TAPPING으로 나누어져서 TAP LEAD가 外部로 쉽게 印出되도록 되어 있다.

또한 鐵心 COIL과 TANK를 一體로한 FORM-FIT 構造로 小型化하여 油量節減을 圖謀하였고 絕緣油는 SILICON油를 使用하였다.

主要 變壓器의 主要 仕様은 다음과 같다.

- A) 變壓器 方式 : 外鐵形 無壓 密封式, 送油 風冷式, 特 A種 絕緣
- B) 容量 : 2930KVA/2500KVA/430KVA
- C) 電壓 : 254V/885V/4/443V

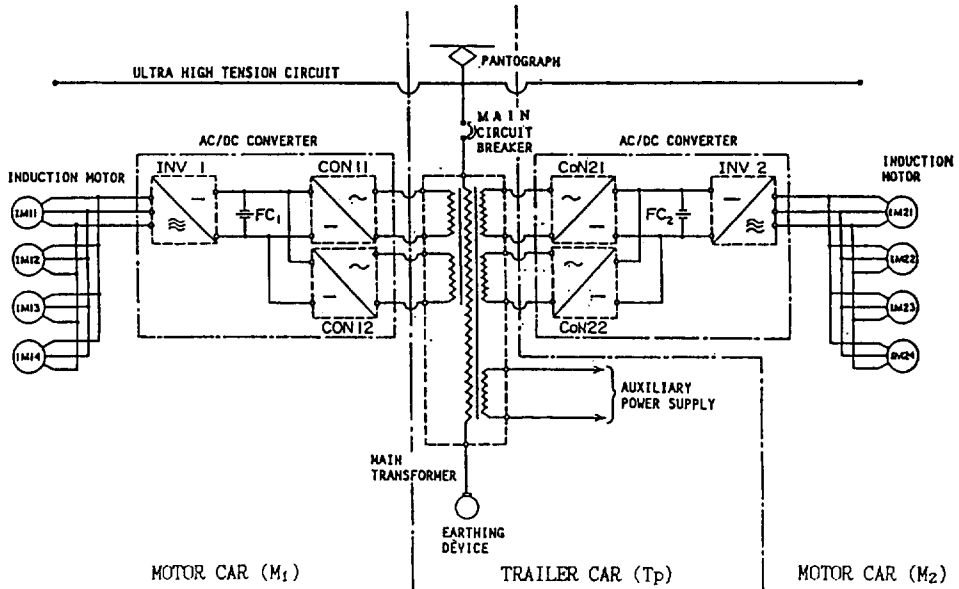


그림 3. 新幹線 300系 主 回路圖

D) 電流 : 117A/706A/971A

- 入力 : 單相 AC 885V, 800A, 1416KVA
- 中間 直流回路 : DC 1900V, 708A, 1345kW
- 出力 : 3相 AC 1430V, 620A, 1536KVA, 0-200 Hz

4.1.2 CONVERTER와 INVERTER

3相 誘導 電動機를 驅動하기 爲하여 主 變換裝置는 CONVERTER나 INVERTER 및 FILTER CONDENSER 등으로 構成된다.

1964年度 最初의 新幹線이 선을 보일때만 해도 DIODE가 많이 使用되었으나 지금은 THYRISTOR의 發展으로 GTO가 實用化 되고있고 보통 2500-4500V級의 2000-3000A 程度級이 一般의으로 使用되어 前보다 部品數를 많이 줄일 수가 있었다.

冷却方式은 沸騰 冷却方式이 使用되며 冷媒의 循環에 PUMP를 使用하지 않고 冷媒의 気化열을 利用하여 높은 熱傳達 效率를 얻고 있다.

主要仕様은 다음과 같다.

- A) 方式 : CONVERTER 및 INVERTER 一體方式
- B) 架線 變換部 : 單相 電壓形 PWM CONVERTER
- C) 電動機側 變換部 : 3相 電壓形 PWM VVVF INVERTER 制御
- D) 定格

4.1.3 牽引 電動機

新幹線 300系の 牽引 電動機는 강제 通風方式의 3相 籠形 誘導電動機를 使用한 動力 分散式이기 때문에 TGV나 ICE보다는 容量이 적으나, 1編成時 牽引 電動機가 40臺가 必要하여 결국 12,000kW가 編成當 出力이 되며, 主要 仕様은 다음과 같다.

- A) 極數 : 4極
- B) 連續定格 : 300kW/臺
- C) 電壓 : 1430V
- D) 相電流 : 155A
- E) 絶緣等級 : H 種
- F) 回轉數 : 3825rpm (最高使用 回轉數 : 5370rpm)
- G) SLIP : 1.9%

4.1.4 STATIC INVERTER

高速電鐵 客室內의 螢光燈이나 冷房用 AIR-CON.,

走行 및 制動의 制御 負荷用等 補助 電源用으로 使用되는 靜止形 INVERTER이다.

主 變壓器 2次 電壓을 全波整流하여 直流로 變換시킨후, PWM 方式으로 3相 440V, 60Hz 出力을 만든다.

一部는 變壓器를 거쳐 AC 100V 負荷에 電力을 供給하고 BATTERY 充電回路를 거쳐 DC 100V를 만들어 制御電源으로 使用한다.

THYRISTOR GTO를 利用한 12相 直接制御 方式으로 容量은 約 200KVA級이 豫想되고 있다.

4.2 FRANCE TGV

4.2.1 變壓器

架線으로 부터 25KV를 受電하는 1次卷線과 牽引用 2次卷線 4個 및 補助用 2次卷線 1個로 構成되어 있다.

TANK內에는 分離하여 變壓器 1個, SMOOTHING REACTOR 2個, MAIN FILTER INDUCTOR 1個, 高周波 보상용 FILTER 1個 등이 內裝되어 있으며, 各 電線들은 A級(CYANO-ETHYLATED PAPER)으로 絶緣되어 있다.

TANK內에 있는 鑛物性油는 3相 誘導 電動機 2個로 驅動式 PUMP를 使用하여 강제循環 시키며 空氣 冷却器를 通過하는 동안 熱을 放散시킨다.

4.2.2 牽引 電動機

TGV는 動力 集中式으로서 同期 電動機를 使用한다는 것이 특징이다.

1982년 BB10004 機關車에 裝着하여 使用되기 始作한 以來 TGV動力車에 使用되고 있다. 新幹線이 動力 分散式이기 때문에 牽引 電動機 1臺의 容量이 30kW 程度인 것을 勘案하면, TGV의 牽引 電動機 1臺의 容量 1100kW는 大容量이다.

動力車 1臺當 4個의 牽引 電動機가 있으며 列車 1編成當 2臺의 動力車에서 8800kW의 連續定格을 내고 있으나 出發時에는 10400kW까지 出力된다.

主要仕樣은 다음과 같다.

- A) 極數: 4極
- B) 連續定格: 1100kW
- C) 1時間 定格: 1300kW

- D) 相間電壓: 1246V
- E) 相電流: 588A
- F) 絶緣等級: H種
- G) 回轉數: 4000rpm

4.2.3 補助 電源裝置

MAIN FILTER로부터 電力을 供給받는 補助 CHOPPER에서 連續的으로 530V를 만들어 모든 補助機器에 電力을 供給한다.

MAIN FILTER는 主變壓器 2次卷線 1個와 補助 混合 整流器 BRIDGE 1個를 통해 電力을 供給받는다.

補助 CHOPPER는 DIODE OR GATE에 依해 2個의 530V線에 連結되며, 2個의 回路中 한 回路가 電力 供給이 中斷되어도 影響을 받지 않는다.

4.3 獨逸 ICE

4.3.1 變壓器

ICE 高速電鐵用 변압기는 牽引 電動機用 4個의 2次卷線과 2個의 補助 電源用 2次卷線이 있고 客車 電源用으로 2次卷線이 1個 區分되어 있다.

TAN內에는 REACTOR가 같이 內裝되어 있고 熱 抵抗이 좋은 NOMEX로 絶緣되어 있다. 變壓器의 主要仕樣은 다음과 같다.

- A) 容量: 5220KVA
- B) 牽引用 卷線: 4×1127KVA
- C) 補助卷線 1: 176KVA
- D) 補助卷線 2: 36KVA
- E) 客車用: 500KVA

4.3.2 牽引 電動機

ICE는 日本 新幹線과 같이 3相 籠形 誘導 電動機를 使用하였고, 動力은 FRANCE TGV와 같은 動力 集中式이다.

MOTOR의 規模는 TGV 同期 電動機와 비슷하며, 主要仕樣은 다음과 같다.

- A) 出力: 1250kW (連續定格)
- B) 電壓: 2050V
- C) 電流: 415A

- D) 回轉數: 1535rpm
- E) 絶緣等級: F種

4.3.3 CONVERTER

架線으로 부터 電力을 供給받아 牽引 電動機의 驅動을 制御하기 爲한 裝置이며 GTO 素子를 使用하여 小型 輕量化된 것이다.

특히 振動에 잘 견딜 수 있도록 堅固한 構造로 設計되고 먼지나 塵, 濕氣等에 잘 견딜 수 있도록 되어 있으며, 主要仕樣은 다음과 같다.

- A) 入力電壓: 1430V
- B) 定格 入力電流: 1100A
- C) 線間電壓: 2800V
- D) 出力電壓: 0-2200V (線間)
- E) 出力電流: 0-1000A
- F) 出力周波數: 0-130Hz
- G) 容量: 3000KVA

4.3.4 補助 電源裝置

客室內의 螢光燈이나 AIR-CON, SYSTEM 및 各種 制御電源用으로 使用되는 補助 電源用 STATIC INVERTER의 主要仕樣은 다음과 같다.

- A) 入力電壓: 885V
- B) 周波數: 16 2/3Hz
- C) 出力電壓: 0-440V
- D) 出力周波數: 0-60Hz
- E) 出力容量: 100KVA

5. 高速電鐵 電力變換 SYSTEM

高速, 中, 低俗을 莫論하고 鐵道車輛에 使用된 主要機器와 架線으로 부터 集電되는 電流形態 等은 關聯 技術開發과 並行하여 發展하여 왔다.

主要機器로는 앞 章에서 說明된 바와같이 變壓器, 牽引 電動機, CONVERTER, 補助 電源裝置들 이라고 할 수 있는데, 그중에서도 牽引 電動機와 INVERTER의 組合에 依한 制御技術과 架線側으로 부터 入力되는 電源의 電力變換 SYSTEM의 發展이라고 할수 있다.

都市近郊 通勤形 電動車의 架線電壓은 普通 DC 1500V, 高速電鐵用은 AC 25KV가 主從을 이루고있고, 이러한 架線電壓을 電力變換시켜 誘導 電動機나

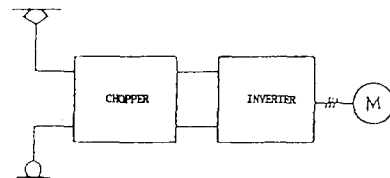
同期 電動機 或은 直流 電動機等을 制御한다. 이 章에서는 高速電鐵 分野의 電力變換과 牽引 電動機 制御方式을 概括的으로 檢討해보기로 하자. 高速電鐵用 架線電壓은 日本 新幹線과 獨逸 ICE의 境遇 AC 25KV, FRANCE TGV는 AC25KV/DC1500V를 使用하고 있고, 이러한 AC나 DC의 入力電源을 架線側 電力變換 裝置를 通해서 電力變換 하는 方式 및 架線에서 電力變換된 電源을 制御裝置를 通해 牽引 電動機 速度를 調節하는 方式의 理解는 高速電鐵 SYSTEM의 主要 電氣機器를 조금이나마 理解하는데 도움이 될 것으로 생각한다.

5.1 直流 電力變換 方式

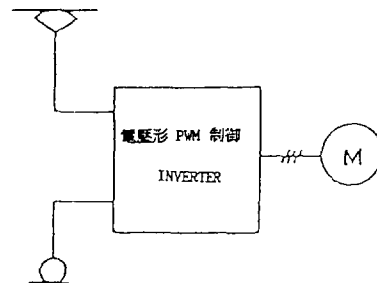
電源이 直流電源이고 交流 驅動 SYSTEM이 通用될 境遇에는 基本的으로 그림 4와 같이 直流-交流의 電力變換이 必要하다.

5.2 交流 電力變換 方式

電源이 單相 交流電源이기 때문에 交流 電動機 驅

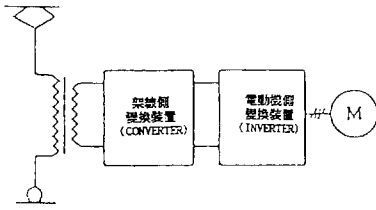


a) CHOPPER+INVERTER 方式

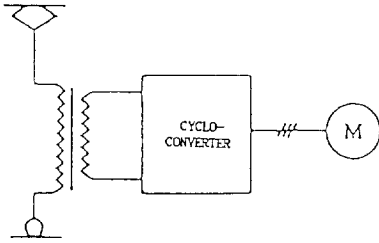


b) 電壓形 PWM 制御 INVERTER 方式

그림 4. 직류 전력 변환 방식



a) 架線側 變換裝置 (CONVERTER) + 電動機側 變換裝置 (INVERTER 方式)



b) CYCLO-CONVERTER 方式

그림 5. 교류 전력 변환 방식

動 SYSTEM이 適用될 境遇에는 基本的으로 그림 5와 같은 單相 交流-3相 交流의 電力變換이 必要하다.

5.2.1 電源이 直流인 境遇

電源이 直流이기 때문에 交流 電動機 驅動 SYSTEM은 基本的으로는 直流-交流 變換 SYSTEM으로 CHOPPER 方式+INVERTER 方式과 電壓形 PWM 制御 INVERTER 方式 등으로 되어있다.

CHOPPER 方式은 CHOPPER 電流를 制御하고 INVERTER는 周波數만을 變換하는 方式이며, INVERTER로서는 電壓形과 電流形이 있다.

또한, 電壓形 PWM 制御 INVERTER 方式은 PWM 制御 INVERTER 制御에서 電壓과 周波數를 同時に 制御하는 方式이다.

(1) 電壓形 PWM 制御 INVERTER 方式

主回路 切換없이 力行/回生 運轉 可能한 SYSTEM으로 交流 電動機 驅動 SYSTEM으로서 뛰어난 方式이다.

(2) CHOPPER+電流形 INVERTER 方式

GTO THYRISTOR가 實用化되기 以前에 CHOPPER技術을 基礎로 EUROPE에 發展된 方式이다. 이 方式은 電壓形 PWM 制御 方式에 比하여 2種類의 變換裝置가 必要하며, 力行, 回生の 主回路 切換이 必要하다.

驅動 電動機로 同期 電動機를 使用하는 것으로 主로 機關車에 適用된 方式이 있다.

FRANCE 國鐵의 同期 電動機 驅動 TGV-A나 BB26000形 機關車에 適用되고 있다.

同期 電動機에 依한 驅動方式으로는 他勵 INVERTER의 電流는 驅動 電動機의 誘起電壓에 依해 行하여지기 때문에 低速時 確實하게 轉流를 行할 수 있어야 한다.

TGV-A나 BB26000에서는 他勵 INVERTER側에 強制轉流 補助回路를 附加하여 低速時에 이 轉流 回路에 依해 INVERTER의 轉流를 行하고 있다.

또한, BB26000形 機關車에서는 同期 電動機는 6卷線으로하고, 6相 運轉하여 TORQUE 脈動的 低減을 圖謀 하였다.

또한, CHOPPER를 爲한 制御 整流器도 搭載하여 交, 直兩用 運轉도 可能하다.

(3) CHOPPER+電壓形 INVERTER 方式

CHOPPER+電流形 INVERTER 方式에 比하여 INVERTER에는 CHOPPER 보다도 高速度의 THYRISTOR가 必要하게 되고 INVERTER部도 補助轉流 回路 때문에 크게 된다.

이러한 理由 때문에 電流形 INVERTER 方式이 EUROPE에서는 먼저 實用化 되고 CHOPPER+電壓形 INVERTER 方式이 實用化된 例는 없다.

CHOPPER+電壓形 INVERTER 方式의 하나로서 CHOPPER를 昇壓形으로 하여 INVERTER를 PWM 制御한 方式이 電車線 電壓이 낮은 區間の 適用이 檢討될 수 있지만, 現在 實用化 된 것은 없다.

5.2.2 電源이 交流인 境遇

電源이 單相 交流이기 때문에 交流 電動機 驅動 SYSTEM은 基本的으로 單相交流-3相 交流變換 SYSTEM으로서 架線側 變換裝置(CONVERTER)+電動機側 變換裝置(INVERTER)方式과 CYCLE-CONVERTER 方式으로 大別된다.

架線側 變換裝置(CONVERTER) + 電動機側 變換裝置(INVERTER) 방식은 架線側 變換裝置(CONVERTER)에서 單相交流를 直流로 變換하여 이 直流를 CONVERTER에서 3相 交流로 變換하는 방식으로 CONVERTER部는 直流인 境遇 INVERTER가 通用된다.

(1) 電壓形 PWM 制御 變換裝置 方式

電壓形 PWM 制御變換裝置를 單相交流로 하여 架線側 變換裝置로 쓰고, 直流 中間回路 電壓을 一定하게 하여 電動機側 變換裝置는 直流의 境遇와 같이 電壓形 PWM 制御 INVERTER를 쓰는 方式이다. 이 方式은 電源電流 波形을 正弦波로 改善할 수 있고, 高力率을 얻을 수 있다. 또한 主回路를 切換하지않고 力行, 回生 切換이 可能한 長點이 있다.

(例, THYRISTOR 變換裝置를 쓴 西獨 E120機關車, 新幹線)

(2) 制御 整流器 + 電流形 INVERTER 方式

直流 電動機 驅動的 境遇, 制御 整流器와 電流形 INVERTER를 組合한 方式이다. 電源側에 대해서는 制御 整流器에 依한 力行, 回生 轉換이 可能하다.

電源側에 대해서는 制御 整流器에 依한 直流 電動機 驅動方式의 境遇와 거의 同一하다. (西獨 E182 機關車로서 制御 整流器는 一部 強制 轉流回路를 附加하여 自動 整流器로서, 電源力率의 向上을 圖謀했다.)

또한 驅動 電動機를 同期 電動機로 쓴 境遇, 電動機側에 自動 INVERTER와 他勵 INVERTER를 쓰는 2가지 境遇가 있다.

(FRANCE 國鐵 TGV-A나 BB 26000形 機關車)

5.2.3 代表的인 交流 電動機 驅動 方式의 比較

電源이 直流인 境遇의 代表的인 交流 電動機 驅動 方式으로는 電壓形 PWM 制御 方式과 電流形 方式의 2가지가 있다.

(1) 電壓形 PWM 制御 INVERTER 方式은 出力電壓은 PULSE狀의 波形이며, 電流는 正弦波狀으로 된다.

高速電鐵의 境遇 高速域에서의 車輛性能 向上을 圖謀하기 爲해 電源 電壓의 利用率이 높은 6

PULSE INVERTER를 切換한다.

(6 PULSE INVERTER의 出力電壓은 正弦波 變調 INVERTER에 대하여 約 1.1배 높게 된다.)

PWM 制御 領域의 INVERTER 出力을 GEAR 周波數에 對應하여 高調波를 包含한 電壓, 電流로 된다. TORQUE도 GEAR 周波數 成分의 RIPPLE을 包含한 것으로 한다.

6 PULSE INVERTER 制御 領域에서는 電壓은 方形波로 되고 INVERTER 周波數의 5次, 7次의 高調波를 包含한 것이 된다.

(高調波 成分의 크기는 거의 $1/n$ 로 低減한다.)

또한 TORQUE에는 INVERTER 周波數의 6倍의 周波數 脈動이 發生한다.

(2) CHOPPER + 電流形 INVERTER 方式에서는 INVERTER 出力電流는 方形波이며, 電壓은 正弦波로 轉流時 PULSE 狀의 電壓이 重疊된 波形으로 된다.

TORQUE에는 INVERTER 周波數의 6倍의 周波數의 脈動이 發生한다.

低速時는 低周波 TORQUE 脈動의 發生을 抑制하기 때문에 轉流에 PWM 制御 등을 병용한다. 電流 波形으로는 INVERTER 周波數의 5次, 7次, 11次의 高調波가 包含된 것으로 된다. (高調波 成分이 큰 것은 $1/n$ 로 低減된다.)

다음에 驅動 電動機의 漏泄 REACTANCE에 대하여 普遍的으로 電壓形 INVERTER 驅動에서는 RIPPLE 電流를 抑制하기 爲하여 큰 漏泄 REACTANCE가 좋고, 電流形 INVERTER 驅動에서는 轉流 ENERGY 抑制 때문에 적은 REACTANCE가 좋다.

또한 驅動 電動機 GROUP 運轉에 대하여 電壓形, 電流形 모두 GROUP 運轉이 可能하고, 並列數의 制限은 驅動 電動機 特性이나 車輪徑差에서 決定되기 때문에 兩 方式의 INVERTER에 依한 GROUP 運轉 性能의 差異는 特히 없다.

6. 結 論

지금까지 代表的인 高速電鐵 保有國家들을 中心으로 既存에 運行中인 高速電鐵의 現況 및 主要電氣機

기와 電力變換 SYSTEM에 대하여 簡略하게 살펴 보았다.

우리나라도 서울-釜山間을 軸으로하는 京釜 高速電鐵 事業計劃을 세워놓고 推進中에 있으며, 高速電鐵 事業部門中 車輪部分의 先進技術 導入 問題가 慎重히 檢討되고 있다.

鐵道車輪에 使用하는 重電機器와 制御關係 機器는 움직이는 高速車輪이라는 特殊性 때문에 여러가지 要所들을 檢討하여 設計, 製作, 實用化되고 있으며 그중에서도 특히 高速電鐵用은 高度의 技術과 經驗

이 必要하다.

THYRISTOR 技術과 尖端 COMPUTER 技術을 應用한 制御技術은 물론 高速電鐵 特性에 適合한 牽引 電動機의 設計및 製作技術이나 架線側 電力變換 裝置 技術이나 牽引 電動機側 制御 技術들을 中心으로 重電機器 業體들이 積極적으로 參與하여 우리技術로 만들어야 할 것이며, 특히 自體 技術開發 目標을 세워 高速電鐵用 重電機器나 制御機器들을 自體 設計하여 製作, 試驗할 수 있도록 基礎 設計技術 습득에 주력해야 할 것으로 생각된다.