

TES 直流充電控制器 - 工作原理說明

前言

本控制器旨在為 TES-0D-02-01 標準的電動機車，提供一個高度可配置、高功率的直流充電解決方案。它的核心是模擬一個標準充電樁的行為，與您的車輛的電池管理系統 (BMS) 進行「交握」，以實現充電。為了幫助您更好地理解和使用本套件，以下將簡述其工作原理及現階段的功能限制。

一、TES 充電的「對話」基礎：CP 與 CAN

電動機車的充電過程，依賴於車輛與充電樁之間的持續溝通，主要通過兩條線路：

1. **CP (Control Pilot) 控制導引線**：一條簡單的類比信號線。充電樁透過它來感知「車輛是否插入」，車輛也透過它來告知「我已準備好」。
2. **CAN Bus 通訊總線**：一條高速的數位通訊線。在充電過程中，車輛的 BMS 會透過它，像發送訊息一樣，持續地告訴充電樁：「我現在需要多少安培 (A) 的電流」。

二、本控制器是如何「扮演」充電樁的？

本控制器，其核心任務就是精確地扮演「充電樁」的角色，與您的車輛 BMS 進行交握。

1. **啟動交握**：當您連接車輛並按下開始充電後，本控制器會提供 **12V VP** 輔助電源喚醒車輛 BMS，並開始與 BMS 進行 CAN Bus 通訊以及讀取 CP 電壓訊號，完成初始的安全握手流程。
2. **充電時間估算方式**：
 1. **數據來源**：車輛回報的**「最大充電時間」**。這個時間是 BMS 根據當前電池狀態（電壓、溫度、SOC 等）動態估算出的總充電時長。
 2. **計算方式**：

控制器內部有一個精確的計時器，從充電開始時（直流接觸器閉合）計時，記錄**「已充電時間」**。

剩餘時間的計算公式為：剩餘時間 = BMS 提供的最大充電時間 - 控制器記錄的已充電時間。
3. **電流控制的實現方式（重要！請理解其限制）**：
 - 「我是如何控制車輛充電電流的？」
 - 在充電開始前，本控制器會透過 CAN Bus，向車輛 BMS 宣告一個**「最大可供應電流」**。這個值，就是您在控制器設定中（或 Web UI 上）設定的「Max Current」**。
 - 例如，如果您設定了 **30A**，控制器就會告訴 BMS：「我最多只能給你 **30A**」。
 - 車輛 BMS 在收到這個「能力上限」後，它在整個充電過程中，請求的電流就永远不会超过 **30A**。

- 「充電樁的電源供應器 (例如『大炮』電源) 需要如何配合？」
 - 您必須手動將您的電源供應器的「電流輸出」，設定為與本控制器「**Max Current**」完全相同的值！
 - 例如，控制器設定 **30A**，您的「大炮」電源也必須設定為 **30A**。

4. 充電過程中的電流回報：

- 在充電過程中，本控制器的韌體會直接將設定的最大充電電流**直接當作「實際輸出電流」**回報給 **BMS**。
- 因此，電源的電流設定必須與車輛的期望值相匹配，以確保通訊的有效性。

三、現階段的功能與局限性（請務必了解）

- 優勢：
 - 高功率充電：您可以搭配高性能的電源供應器，實現遠超原廠的充電速度。
 - 高度可配置：您可以自由設定最大充電電流和目標 **SOC**。
 - 智慧化：提供 **OLED** 顯示、**Web** 遠端監控、**OTA** 韌體更新等原廠沒有的功能。
 - 局限性：
 - 充電時間準確性依賴於您車輛 **BMS** 的估算能力。
 - 無法自動調整電流：本控制器無法在充電過程中，動態地、自動地調整您外接電源供應器的電流輸出。
 - 使用場景：如果車輛 **BMS** 在充電中途，請求的電流低於您設定的上限（例如，從 **30A** 降到 **15A**），而您的電源仍然持續輸出 **30A**，充電會在幾秒內因「電流差異異常」而停止。
 - 操作流程：當需要降低充電電流時（例如從 **30A** 降至 **15A**），您必須：
 1. 手動停止充電。
 2. 在您的電源供應器上，將電流上限改為 **15A**。
 3. 在本控制器上，將「**Max Current**」也改為 **15A**。
 4. 重新開始充電。
 - 結論：本產品在現階段，是一個功能強大的**「手動擋」**高性能充電器。它提供了高功率充電的能力，但需要使用者對充電過程有更多的了解和手動介入。
-

四、 附錄：TES-0D-02-01 交握時序與數據詳解 (技術細節)

本節內容旨在為高階用戶和開發者，提供更深入的技術細節，解釋本控制器是如何精確模擬充電樁行為的。

1. 交握時序 (Simplified Sequence)

| 步驟 | 觸發動作 | 物理信號 (CP) | CAN Bus 通訊 (車 -> 樁) | CAN Bus 通訊 (樁 -> 車) | 控制器動作 |
|----|--------|-----------|----------------------|---------------------|--------------|
| 1 | 按下開始充電 | 電壓變化 | - | - | 啟動 VP (12V) |
| 2 | BMS 喚醒 | 維持電壓 | #500, #501 發送 (請求參數) | - | 接收車輛參數 |
| 3 | 參數確認 | 維持電壓 | #500, #501 持續發送 | #508, #509 發送 (樁能力) | 比較參數，發送自身能力 |
| 4 | BMS 許可 | 電壓再次變化 | #500 中「允許充電」旗標設為 1 | #508, #509 持續發送 | 檢測到雙重許可 |
| 5 | 開始充電 | 維持電壓 | #500 持續發送 (動態電流指令) | #509 持續發送 (回報電壓/電流) | 閉合直流接觸器，開始供電 |
| 6 | 充電結束 | 電壓恢復 | #500 中「允許充電」旗標設為 0 | #508 中「停止控制」旗標設為 1 | 斷開直流接觸器，停止供電 |

2. 關鍵 CAN 訊息與本控制器的模擬值 來自車輛的關鍵訊息 (控制器讀取)

- **ID: 0x500 (車輛狀態)**
 - 充電電流命令 (Byte 2, 3) : BMS 期望的充電電流，單位 0.1A。這是控制器追隨的目標。
 - 充電電壓上限 (Byte 4, 5) : BMS 允許的最高充電電壓，單位 0.1V。
 - 允許充電旗標 (Byte 1, bit 0) : 充電的「軟開關」。
 - 充電前停止旗標 (Byte 1, bit 3) : BMS 在充電前停止的信號。
- **ID: 0x501 (車輛參數)**
 - 當前 SOC (Byte 1) : 電池電量百分比。
 - 最大充電時間 (Byte 2, 3) : BMS 估算的總充電時間 (分鐘)。

本控制器發送的關鍵訊息 (模擬值設定)

- **ID: 0x508 (充電樁狀態)**
 - 可輸出電壓 (Byte 2, 3) : 控制器會回報您在設定中儲存的最大電壓值，單位 0.1V。
 - 可輸出電流 (Byte 4, 5) : 控制器會回報您在設定中儲存的「Max Current」，單位 0.1A。這是告訴 BMS「我的能力上限」的關鍵參數。
 - 充電樁停止控制旗標 (Byte 1, bit 0) : 當充電結束或出錯時，控制器會將此旗標設為 1，通知 BMS。
- **ID: 0x509 (充電樁參數)**
 - 實際輸出電壓 (Byte 2, 3) : 控制器會讀取 ADC 的電壓測量值。
 - 實際輸出電流 (Byte 4, 5) : 控制器不會實際測量電流，而是將最大充電流，直接作為「實際輸出電流」回報給 BMS。這就是為什麼您的電源供應器設定必須與 BMS 的請求相匹配的原因。

透過對以上時序和數據的精確模擬，本控制器得以在 TES-0D-02-01 標準框架下，實現與各種車輛的兼容充電。