

ジャカルタ大量高速輸送（MRT）プロジェクト

平松孝則 Takanori Hiramatsu
井上大誠 Taisei Inoue

キーワード ジャカルタ, 鉄道, 受電設備, 監視設備

概要



ジャカルタ MRT 車両

ジャカルタ大量高速輸送（MRT）は、ジャカルタ首都圏の Bund. HI 駅と Lebak Bullus 駅を南北に結ぶ全長 15.7km、13 駅（地下 6 駅・高架 7 駅）の新規路線である。

ジャカルタ首都圏は経済活動の中心として目覚ましい発展を遂げているが、これに伴い慢性的な交通渋滞が発生するようになった。この交通渋滞緩和を目的としてジャカルタ MRT が建設された。

当社は、本ジャカルタ MRT 新設工事に受電設備・き電設備・駅配電設備の電源設備一式及び監視設備を納入した。

1 まえがき

インドネシアの首都ジャカルタは、周辺地域における経済活動の中心地として目覚ましい発展を遂げている。これに伴い、ジャカルタでは慢性的な交通渋滞に悩まされるようになった。この交通渋滞を緩和することを目的に、大量高速輸送（MRT）が計画・建設された。

第 1 図に路線図を示す。ジャカルタ首都圏を南北に結ぶジャカルタ MRT は、総距離 15.7km、13 駅（地下 6 駅、高架 7 駅）が設置され、Bund. HI 駅と Lebak Bullus 駅を約 30 分で結ぶ。当社はこの駅舎及び車両へ安定した電源を供給するための電源設備一式及び監視設備（SCADA）を納入した。本稿では、主に車両への電源供給設備であるき電変電所（TSS）及び SCADA を紹介する。



出典：ジャカルタ MRT ホームページ (<https://jakartamrt.co.id/id>)

第 1 図 路線図

ジャカルタ MRT の位置・駅数を示す。

2 電源供給設備概要

ジャカルタMRTの電源は、インドネシア国有電力会社(PLN)のPondok Indah変電所・CSW変電所から受電変電所Receiving Sub Station(RSS)で、150kVで受電する。150kVから20kVへ降圧し、TSS・駅配電所(ER)及び車両基地へ配電する。TSSで直流1500Vへ整流し、車両へ電源を供給する。またERで400Vへ降圧し、ER内とTSSへ電源を供給する。

2.1 受電系統

第2図に150kV受電及び20kV配電を含む全体電源系統を示す。PLNから二回線で受電し、各々の回線の主変圧器で20kVへ降圧し、20kV系統へ給電する。主変圧器は負荷時タップ切替器を備え、20kV配電系統電圧の一定制御を行う。

2.2 20kV交流配電系統

20kV配電系統はRSSからそれぞれ異なる系統によって、TSS・ER・車両基地へ給電する。また、ERで400Vに降圧し、ER内設備及びTSS内設備に給電する。

2.3 1500V直流き電系統

各TSSには整流器ユニットを2台設置し、整流器用変圧器には絶縁油に高い難燃性のFR3を採用した。電車線へはき電フィーダ四回線で給電する。き電フィーダには予備フィーダを一回線設け、点検時などはこの予備フィーダを使用することで、当該電車線へ給電できる。また、き電フィーダ間に延長給電用断路器を設置した。

保護要素として、き電線は直流遮断器の自己遮断時に電流変化率要素(Rate of rise)、電流増加幅(ΔI)などの機能を含んだマルチファンクションリレーを採用し、さらに連絡遮断機能を設けて確実に事故区間を保護するように考慮した。また、事故が発生しても瞬時に復旧する可能性があるため、遮断器再閉路機能を装備した。

負極盤には地絡過電圧継電器(64P)を装備した。地絡保護を主目的とし、レール-大地間の電圧を測定する。この電圧が継電器の整定値を超えた場合、地絡が発生したと判断し、直流配電盤の遮断器を全てトリップさせ保護する。

また、直流配電盤にフレームリーケージリレー(64)を設け、直流地絡を保護している。これは接地線を直接筐体に接続し、専用装置で地絡電流を検出する。地絡電流が整定値を超えた場合、直流配電盤の遮断器を全てトリップさせ保護する。

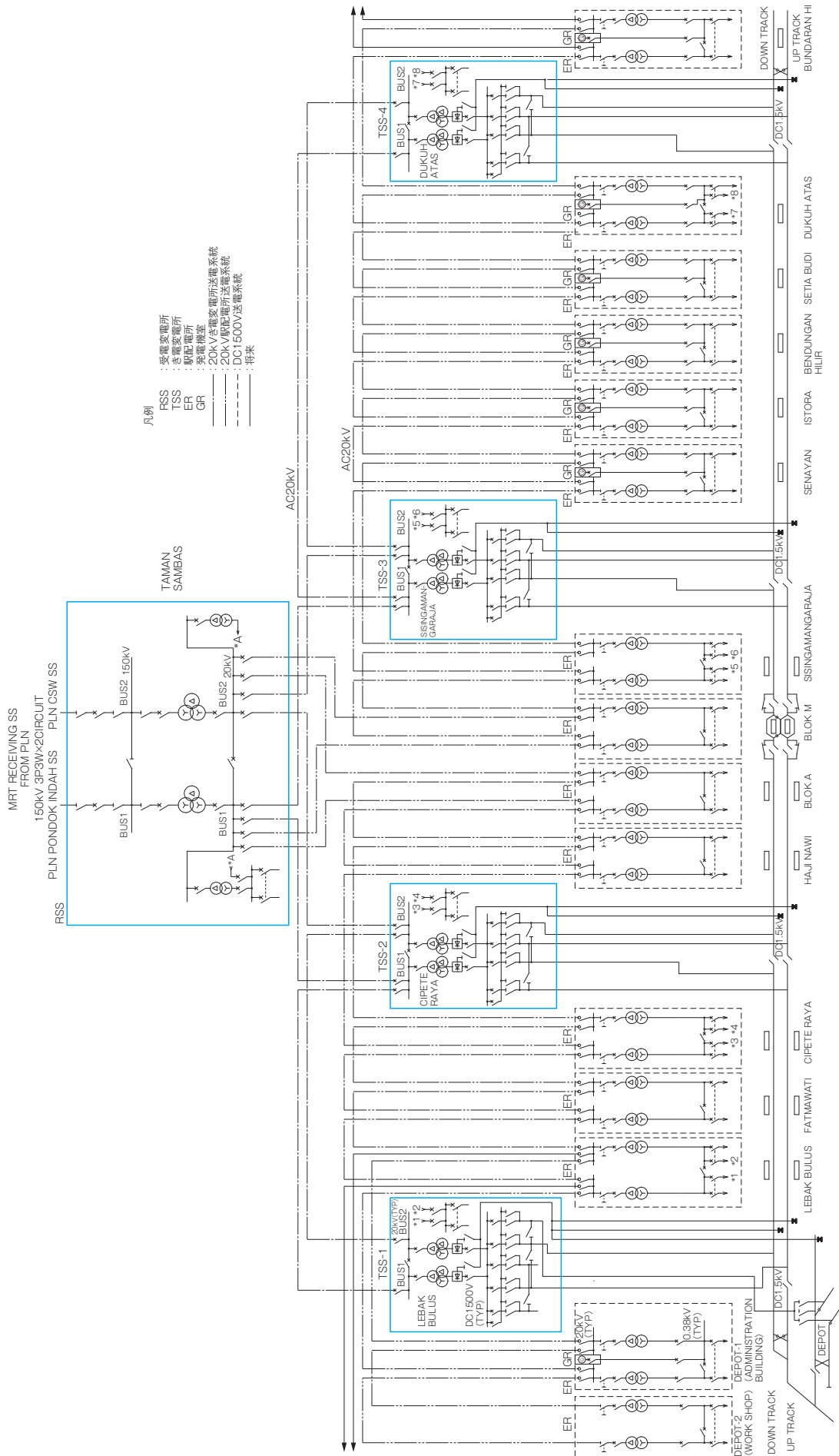
2.4 SCADA

これらの電力系統を遠隔監視制御する電力管理システム(Power SCADA)として、サーバ及びワークステーションをOCC(Operation Control Center)に設置した。受電変電所1か所、き電変電所4か所、駅変電所15か所には、サーバと監視制御情報を通信するためのRTU(Remote Terminal Unit)を設置した。OCCとRTU間はシングルモード光ファイバをループ状に構成した通信回線で接続し、通信プロトコルには国際規格のIEC 60870-5-104を採用した。また、ループ構成にはリングトポロジプロトコル(RTP)を採用し、回線障害時の高速迂回機能を具備している。**第3図**にシステム構成を示す。

OCCのワークステーションのユーザインタフェース(UI)は、人間中心設計(HCD)を適用したUIデザインガイドに沿った「使いやすさ」を考慮してデザインした。**第4図**に単線結線図画面を示す。

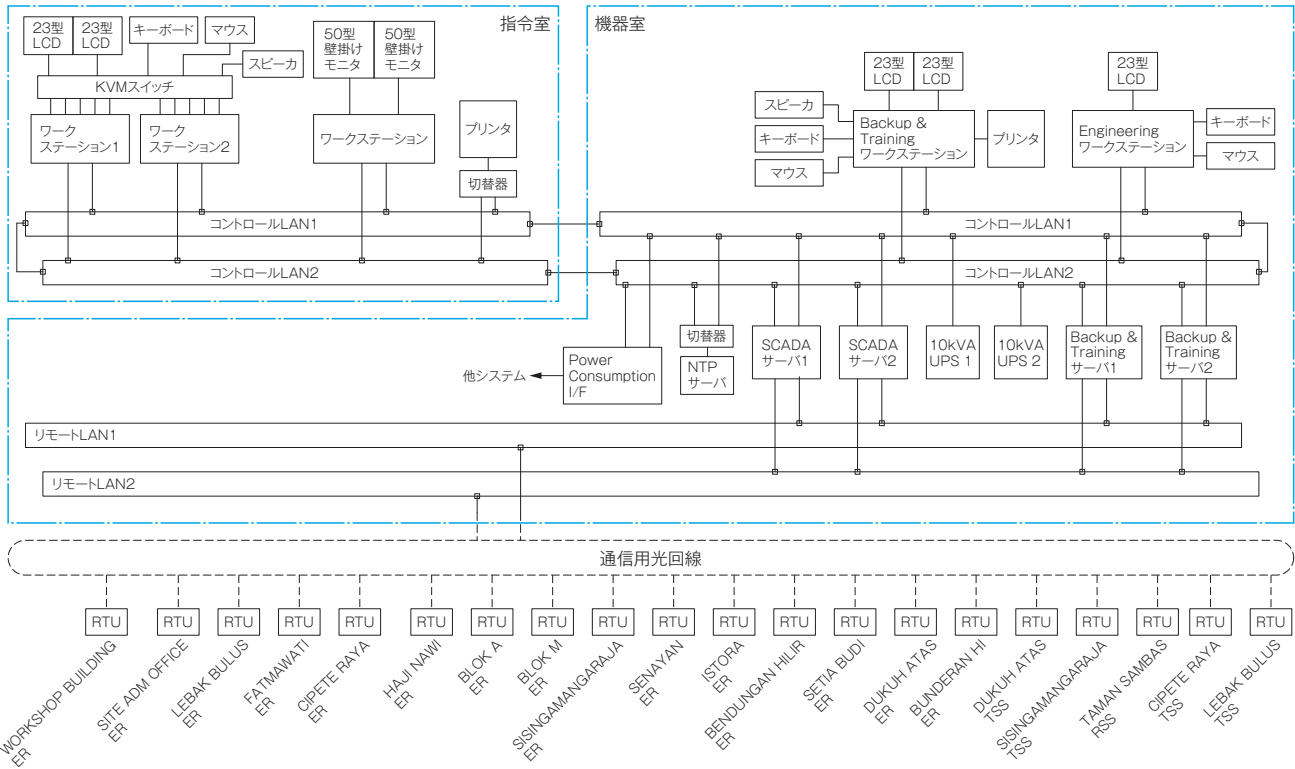
基本的な監視制御機能のほか、複数機器への組み合わせ制御を一操作で行うパターン制御機能と、設定した時刻に自動実行できるスケジュール制御機能を実装し、指令員の統制業務を効率化した。

また、二重化構成の電力管理サーバ(SCADA Server)に加え、万が一の故障などに備えたバックアップサーバも設置した。バックアップサーバには訓練機能を備え、指令員の操作訓練として利用できる。**第5図**にサーバ盤の外観を示す。



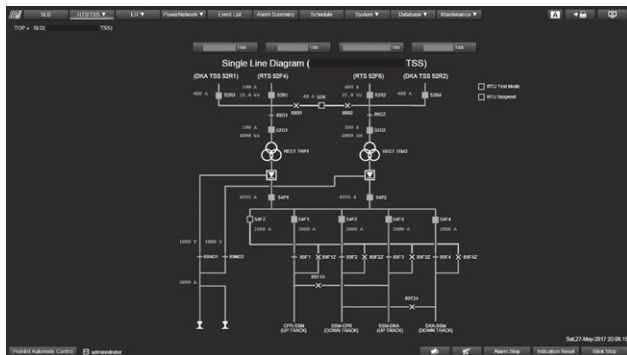
第2図 全体電源系統

ジャカルタ MRT 電源の全体系統を示す。



第3図 SCADAシステム構成

Power SCADAの全体システム構成を示す。



第4図 単線結線図画面

視認性を考慮したシンボル配置とコントラストとしている。



第5図 サーバ盤

扉面にパンチングメタルを採用した自然空冷方式としている。

3 TSS及びSCADA仕様

TSS及びSCADAの主要機器仕様は、以下のとおりである。

3.1 TSS

(1) 20kV ガス絶縁開閉装置 (GIS)

規格：IEC 62271

形式：屋内形GIS

定格：定格電圧 20kV

定格遮断電流 25kA

定格電流 1250A

第6図に20kV GISの外観を示す。



第 6 図 20kV GIS

20kV 配電用 GIS を示す。



第 7 図 整流器用変圧器

整流器に接続されるための変圧器を示す。

(2) 整流器用変圧器

規格：IEC 60146

形式：屋内形油入変圧器 (FR3)

定格：4850/2500/2500kVA

20/1.18kV 50Hz

結線 Dy11d0



第 8 図 整流器

交流を直流に変換する整流器を示す。

第 7 図に整流器用変圧器の外観を示す。

(3) 整流器

規格：IEC 60146

形式：屋内自冷

定格：定格電圧 DC1800V

定格容量 4500kW (12相整流)

過負荷耐量 150%2時間, 300%1分

第 8 図に整流器の外観を示す。

(4) 1500V 直流遮断器盤

規格：IEC 61992

形式：屋内形直流遮断器盤

定格：定格電圧 DC1800V

定格遮断電 180kA ピーク

定格電流 6000/4000A

第 9 図に 1500V 直流遮断器盤の外観を示す。

(5) 1500V 負極盤

形式：屋内形直流負極盤

定格：定格電圧 DC1800V

定格電流 5000A

第 10 図に 1500V 負極盤の外観を示す。

その他き電変電所の所内設備は、低圧配電盤・110V 直流電源盤などで構成されている。



第9図 1500V 直流遮断器盤

車両へき電，保護する装置を示す。



第10図 1500V 負極盤

負極盤を示す。

3.2 SCADA

(1) OCC 設置装置

環境条件：周囲温度15～30℃，湿度40～70%

装置電源：AC220V 50Hz 単相2線式

絶縁耐力：サーバ電源部 入力-大地間1500V (1分間)

サーバ：1Uラックマウント形サーバ

ワークステーション：ミニタワー形

液晶モニタ：23型 解像度1920×1080px

大形モニタ：50型 解像度1920×1080px

スイッチングハブ：24ポート（うち2ポートはSFPスロットとコンポポート），SFPスロット1000BASE-LX，シングルモード光ファイバ2芯LCコネクタ2ポート

(2) RTU

環境条件：周囲温度0～40℃，湿度30～90%

装置電源：DC110V

絶縁耐力：電源部 入力-大地間1500V（1分間）

寸法：W700×H2300×D1000mm

DO出力：DC100V無電圧接点

DI入力：DC100V/DC24V無電圧接点20ms以上

AI入力：DC4-24mA 250Ω

スイッチングハブ：8ポート（うち2ポートはSFPスロットとコンポポート），SFPスロット1000BASE-LX，シングルモード光ファイバ2芯LCコネクタ2ポート

上位との通信プロトコル：IEC60870-5-104

4 むすび

ジャカルタ MRTは2019年4月1日に営業運転を開始し，安定した運行を続けている。更に北側への運行区間の延伸が計画されており，多くの住民に電車の必要性和利便性が実感されていくことを期待する。

最後に本工事に際し，多くのご指導と多大なるご協力をいただいた関係者各位に感謝の意を表する次第である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは，それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



平松孝則
Takanori Hiramatsu

電鉄システム事業部技術部
電鉄システム受変電設備のエンジニアリング業務に従事



井上大誠
Taisei Inoue

電鉄システム事業部技術部
電鉄分野向けICT応用システムのエンジニアリング業務に従事