

マレーシアKelana Jaya Line き電設備更新

福田和生 Kazuo Fukuda

キーワード 電気鉄道, 海外電鉄, 直流き電設備, 既設更新

概要



マレーシアKelana Jaya Lineの車両

1998年から開業しているKelana Jaya Lineは、全長29km、25駅で構成されるマレーシアの首都クアラルンプールを走る主要高速鉄道の一つである。

当社は、本路線建設時に直流き電設備一式を納入した。開業後から年数が経つにつれ、利用者数の増加に伴い列車本数及び編成車両数が増加され、それに伴い変電所の増設及びき電設備の増強が必要となっている。また増設・増強と併せて2008年から既設設備の更新も行われている。

本プロジェクトでは、4変電所の増強及び設備更新、3変電所の設備更新を受注し、2015年からき電設備一式を納入してきた。

1 まえがき

マレーシアKelana Jaya LineはDC750Vの直流き電鉄道で、2015年時点で全線に16基（開業時は14基）の変電所が設置されている。開業時の1変電所当たりの容量は3MWであったが、一連のき電設備の増強計画で全変電所は6MWに増強する。また年数の経過から、2008年から主に直流盤を中心に既設設備の更新も行われてきた。

本プロジェクトでは、Kelana Jaya変電所・Asia Jaya変電所・Taman Melati変電所・Terminal Putra変電所の増強及び設備の更新を行い、さらにBrickfields変電所・Pasar Seni変電所・Damai変電所の設備を更新する。本プロジェクトは明電マレーシアが主契約者として受注し、当社は直流き電設備一式を納入した（電気工事関連は、明電マレーシアが担当）。

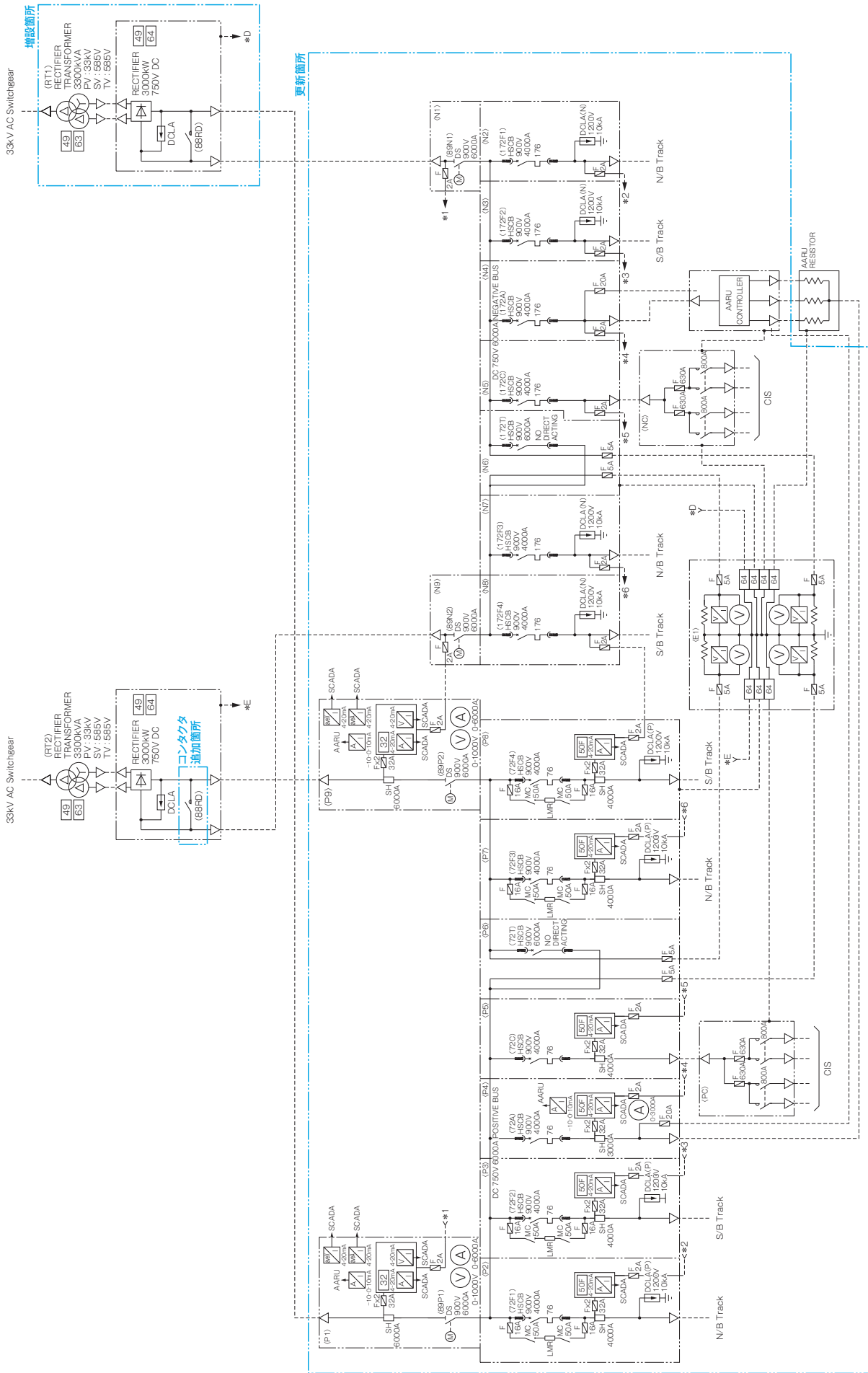
本稿では、増強及び設備の更新で納入した機器の仕様を紹介する。

2 増強・更新機器の概要

第1図にKelana Jaya変電所の単線図を示す。末端のTerminal Putra変電所を除き、システム構成は全変電所で同じである。代表例としてKelana Jaya変電所の単線図を掲載する。

増強工事として、整流器及び整流器用変圧器を追加新設した。既存の1台に1台増設することで整流器2台の並列運用とし、き電供給の安定を図る。また整流器及び整流器用変圧器を1台増設したことで、上位のき電用交流遮断器も1台増設するが、今回その所掌は明電マレーシアにあったため、本稿では詳細を省略する。

更新工事として、直流盤及び回生電力消費装置



第 1 図 変電所単線図

末端の Terminal Putra 変電所を除き、システム構成は全変電所で同じである。代表例として Kelana Jaya 変電所の単線図を掲載する。

(AARU : Automatic Assured Receptivity Unit) を更新した。

2.1 整流器用変圧器

整流器用変圧器は、明電シンガポール (Transformer 工場) から納入した。第 1 表に定格事項を、第 2 図に 3300kVA 機器の外観を示す。

2.2 整流器

整流器は、当社の電力変換工場から納入した。第 2 表に定格事項を、第 3 図に機器の外観を示す。また第 4 図に整流器のシステム結線図を示す。本プロジェクトの整流器は、第 2 表の定格電圧で示したように軽負荷時の電圧上昇を厳しく抑制するこ

第 1 表 整流器用変圧器定格

整流器用変圧器の定格を示す。

項目	定格
種類	シリコン油変圧器
定格容量	3300kVA
定格 1 次電圧	F31.35-R33-F34.65kV (1.25%ステップの 9 タップ)
定格 2, 3 次電圧	585V × 2
過負荷耐量	Class6 (IEC60146) (100%連続 200% 2 時間 300% 1 分)
定格周波数	50Hz
結線	1 次 : Δ 2 次 : Y 3 次 : Δ
冷却方式	自然冷却



第 2 図 3300kVA 整流器用変圧器

3300kVA 整流器用変圧器の外観を示す。一次側 33kV, 二・三次側 585V である。

とを要求され、その対策として多くのダミー抵抗を実装している。

また本プロジェクトの整流器の特記事項として、ダミー抵抗の先にコンタクトを実装している。その理由は、以下の 2 点である。

(1) 上位交流遮断器開路時の直流側の遮断 本プロジェクトの直流受電盤は遮断器ではなく断路器を採用しており、通電時は開路できない。既設も断路器を採用していたが、遮断能力を有していたため断路器で遮断を実施していた。しかし今回更新する断路器は遮断能力を有していないため、整流器のコンタクトで遮断し、その後断路器を開路するシステム構成とした。このようにシステム構成に一部変更が生じたため、上位交流遮断器の制御盤のシーケンス

第 2 表 整流器定格

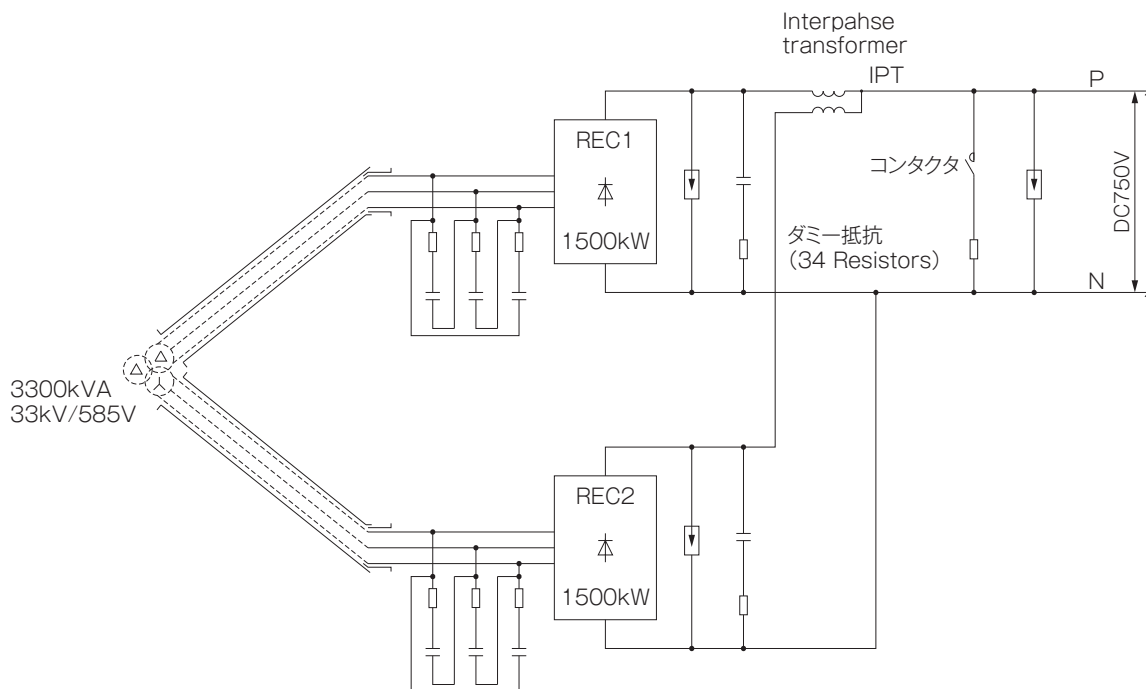
整流器の定格を示す。

項目	定格
定格電圧	750V (100%負荷時), 800V (0%負荷時), 785V (0.5%負荷時)
交流入力電圧	585V
定格容量	3000kW
過負荷耐量	Class6 (IEC146) (100%連続 200% 2 時間 300% 1 分)
電圧変動率	5%
冷却方式	自然冷却
構成	並列 12 相整流



第 3 図 3000kW 整流器

3000kW 整流器の外観を示す。並列 12 相整流とし、また定格電圧は DC750V である。



第4図 整流器システム結線図

整流器のシステム結線図を示す。直流出力側にダミー抵抗とコンタクタを実装している。

第3表 直流盤定格

直流盤の定格を示す。

項目	定格
形式	HICLAD-D
定格電圧	900V
定格電流	4000/6000A
定格遮断時間	100ms
定格遮断電流	180kAp/125kA
保護等級	IP3X
定格絶縁電圧	1.8kV

回路を改造した。

(2) 整流器運転停止時のダミー抵抗への負荷電流流入の防止 更新後の変電所は整流器2台の並列運用となるが、片方の整流器が運転停止になった場合、そのダミー抵抗は単純な負荷となり、運転中のもう片方の整流器から負荷電流が流れ込む懸念がある。それを阻止するためにコンタクタをダミー抵抗の先に設け、コンタクタでダミー抵抗を含む回路を開路する。

なお、既設の整流器にはコンタクタは実装されてなく、前述のとおり新設と同様な懸念に備えるため、コンタクタを取り付けた。



第5図 直流盤

直流盤の外観を示す。本図は正極側の遮断器列盤であるが、直流盤は負極側遮断器列盤・CIS盤・接地盤から構成される。

2.3 直流盤

直流盤は、明電シンガポール（Switchgear工場）から納入した。第3表に定格事項を、第5図に機器の外観を示す。本プロジェクトの直流盤は大きく断路器／遮断器盤・CIS（Controlled Isolating Section）盤、接地盤に分類される。遮断器盤にはハイクラッド HICLAD-Dを採用した。定格電圧は900V、定格電

流はBus-tie盤のみ6000A、ほかは4000Aである。また受電盤は既設と併せ定格電流6000Aの断路器盤とした。列盤は、き電用に4面（末端のTerminal Putra変電所は2面）、AARU用に1面、CIS盤用に1面、断路器盤を2面の計9面を1列盤で構成している。本プロジェクトでは、正極に+375V、負極に-375Vの電圧が加圧されるため、遮断器盤を正極側だけではなく負極側にも設けている。

CIS盤はコンタクタ盤で、デットセクションの切り離しを行う。接地盤は、変電所各機器の地絡保護とき電電圧をDC750Vに成す役割を担っている。地絡保護は、各機器用の地絡保護リレー（フレームリレー）を接地盤内に集約する形で設け、各機器（変圧器・整流器・直流各列盤・AARU制御盤）の筐体接地と接続し地絡事故を監視している。また、き電電圧を成す役割は、盤内の接地点を基準とし、正負両極に抵抗を設けてそれぞれ電位+375V、-375Vを成し、その電位差（+375V - (-375V)）によって本路線のき電電圧をDC750Vとしている。

2.4 AARU

AARUは、ABBカナダ社（旧Envitech）から購入した。第6図に機器の外観を示す。AARUは1変電所に1台ずつ設置し、回生失効による回生エネルギーを抵抗器で消費することでき電システム電圧の上昇を阻止し、安定を図っている。第7図に



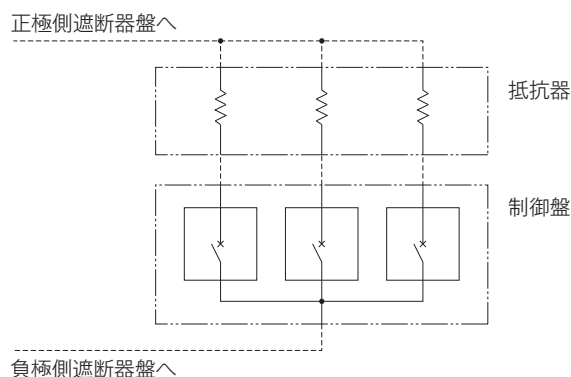
第6図 AARU

AARUの外観を示す。本図は制御盤で、抵抗器は屋外に設置されている。

AARUのシステム構成図を示す。システムは1スイッチと1抵抗を1セットとし、それが3並列で構成される。AARUはシステム電圧の動向に応じて1セットずつ投入されていく。機器は大きく制御盤（制御部及びスイッチ）と抵抗器で構成されており、今回の更新工事では抵抗器は既設流用とし、制御盤のみを更新した。

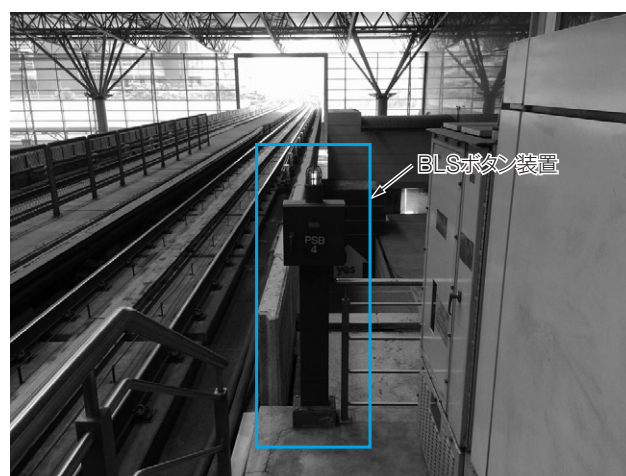
2.5 BLS (Blue Light System) 改造

BLSは、き電停止による事故防止の保護システムである。非常き電停止装置（ボタン）が作動することで任意のき電区分のき電を停止し、感電・人身事故などを防ぐ。第8図にBLSボタン装置を示す。



第7図 AARUのシステム構成図

AARUのシステム構成を示す。スイッチと抵抗を1セットとし、それが並列で構成される。回生電力消費時はシステム電圧の動向に応じて1セットずつ投入され、電圧の安定を図る。



第8図 BLSボタン装置

BLSボタン装置の外観を示す。非常時の際は装置内のボタンを押してき電を停止する。

ボタン装置は主に駅プラットホームの両端又は線路沿いに設置されている。

更新工事に伴い変電所を完全に停電するため、き電区分は一時的に変更される。具体的に更新中の変電所が関わるき電区分のセクションギャップにバイパスが施され、両端の隣接変電所からき電する形に変更される。き電区分の変更を受けてBLSも一時的にシステムを変更する。具体的に現状のき電停止範囲を1変電所分広げるようBLS制御盤のシーケンス回路を改造し、更新工事期間中の事故に備えた。

3 むすび

本プロジェクトは、2015年末から1変電所あたりの工程期間を約1か月とする計画で1変電所ずつ行われている。2016年11月時点で、Terminal Putra

変電所・Damai変電所・Asia Jaya変電所の工程を終え、現在も残り変電所を逐一更新している。納入機器は、全てマレーシアに搬入済みで、現地倉庫に保管している。

最後に、本件の設計・製造・試験／現地施工工事に際し、多大なご指導とご協力いただいた関係者の皆様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》



福田和生
Kazuo Fukuda

回転機システム工場
回転機関連の電気設計業務に従事