特集論文

# ミャンマー向け33kV配電自動化システムの開発

Development of 33 kV Distribution Automation System for Myanmar

高橋剛貴 G. Takahashi
池本高典 T. Ikemoto
山本勝敏 K. Yamamoto
宮地伸明 N. Miyachi
山田潤 J. Yamada

**概 要**

当社はミャンマー連邦共和国（以下、ミャンマー）の電力エネルギー省傘下のヤンゴン配電公社（Yangon Electricity Supply Corporation：以下、YESC）向けに33kV 配電自動化システムを開発し、2019年4月に15セット納入した。本製品の開発概要と性能について紹介する。

**Synopsis**

We have developed 33 kV distribution automation system for Yangon Electricity Supply Corporation（“YESC”）, an enterprise under the Ministry of Electricity and Energy of the Republic of the Union of Myanmar（“Myanmar”）, and delivered its 15 units in April 2019. We will introduce the development outline and the performance.

## 1．はじめに

当社は2013年に独立行政法人国際協力機構（以下、JICA）の技術実証案件に参画した。柱上ガス開閉器を中核とする配電自動化システム（プロトタイプ）をミャンマー最大の都市ヤンゴンの配電会社であるYESCに供給し、日本国内で実績のある時限順送方式が停電範囲の最小化と早期の事故復旧に貢献したことから高い評価を受けた。この評価を背景に、配電自動化システムと柱上開閉器や制御機器など当社が長年培った経験と技術[(1)]を活用し、ミャンマーの電力事情に合致した高い耐久性を持つ柱上真空開閉器を採用した配電自動化システムを開発、2019年4月に15セット納入した。

本稿では、本システムの開発概要と性能について紹介する。

## 2．配電自動化システム

配電自動化システムとは、柱上開閉器、制御装置、事故区間表示器で構成され、配電系統の計画的な切り替えや、配電線事故等の突発的な停電発生時に事故区間以外の区間に自動的に送電するシステムのことを言う（**図1**）。

図１　配電自動化システム（プロトタイプ）

## ３．時限順送方式

時限順送方式とは、日本国内で広く適用されている送電方式で、配電線路を区分開閉器により数区間に区分（図2）し、線路事故が発生した場合、事故区間に最も近い変電所側の区分開閉器で、その区間を切り離し、健全区間のみ送電する方式のことである。

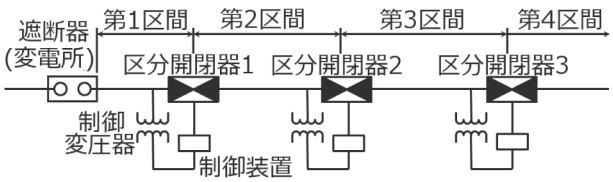


図２　配電線路の構成例

配電線事故発生時、変電所の遮断器が遮断し、すべての区分開閉器が開放する。遮断器が再閉路継電器により再閉路（再送電）され､区分開閉器は一定時間間隔（投入時限）で投入し、各区間に順に送電される。事故区間まで送電され、事故が継続していた場合、再び遮断器が遮断し、すべての区分開閉器が開放するが、区分開閉器は投入後一定時間（検出時限）内に停電すれば、投入回路がロックされる構造になっている。この再停電で事故区間に最も近い変電所側の区分開閉器のみ開放状態でロックし、ロックを解除しない限り再投入されない状態となる。その後、もう一度再送電すれば、記述のように順に送電されるが、事故区間には送電されないため、自動的に事故区間は切り離される。

また、変電所には遮断器の投入動作により起動する事故区間表示器が設置されており、事故区間に送電し遮断器が遮断されると事故区間表示器は停止する。この事故区間表示器の起動から停止するまでの時間要素によって、事故区間の判明が可能となる。

## ４．現地調査結果

### ４．１　ミャンマーの電力事情

現地調査から判明したミャンマーの電力事情は以下のとおりである。

・配電線には裸電線が使用されており、樹木接触や鳥獣害による配電線事故が多い。
・停電はほぼ毎日発生。区分開閉器が無いため、停電が広範囲で、事故点の調査に時間を要する（復電までの時間が長い）。
・資金に限りがあるため、大規模な中央監視装置の建設が難しい。
・国土が広く、道路が未整備。容易にメンテナンスや　部品交換が出来ない。
・作業員の技術を要する高度なシステム運用が難しい。

以上の電力事情に合致した製品を生み出すことを開発コンセプトとした。

### ４．２　プロトタイプ導入の効果

#### ４．２．１　導入実績

2013年に納入したプロトタイプは、ヤンゴン市のTharkayta-MOGE 33kV 配電線に3セット導入されている（図３）。

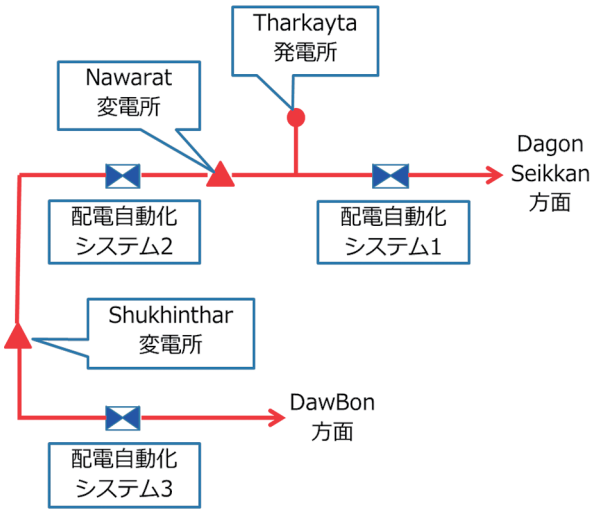


図３　Tharkayta-MOGE 33kV 配電線（プロトタイプ導入）

### 4．2．2　導入前後の停電時間

プロトタイプ導入前後の停電時間は、**図4**（2014年にヤンゴン市Tharkayta変電所での調査結果）のとおり示される。2014年2月以降、本システムの導入により、停電時間が大幅に短縮されていることが確認できる。停電発生回数は大きく変わらないことから、継続的な配電線事故が少なく、本システムにより復電までの時間が短縮された結果である。

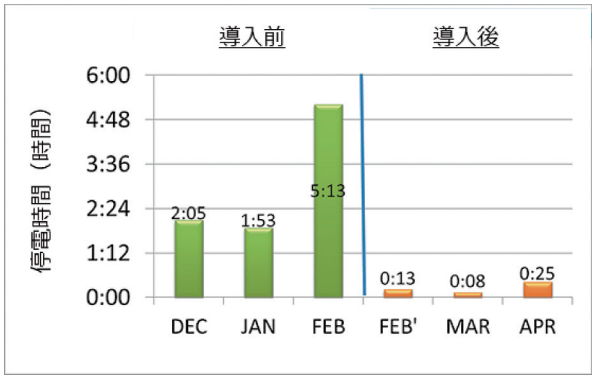


**図4**　プロトタイプ導入前後の停電時間
（2014年、Tharkayta変電所での調査結果（YESCから入手））

### 4．2．3　現地の系統事故観測結果

本システム（プロトタイプ）の導入効果を確認するために当社製系統観測装置（以下、PQモニター）をTharkayta変電所に設置（**図5**）し、系統事故事象データの収集を行った。PQモニターは、系統事故発生時に、電圧・電流、遮断器の開閉、保護継電器の動作状況を自動的に記録し、PCソフトウェアにて事故解析を行う機能を持つ（**図6**）。

**図5**　PQモニター設置状況（Tharkayta変電所）

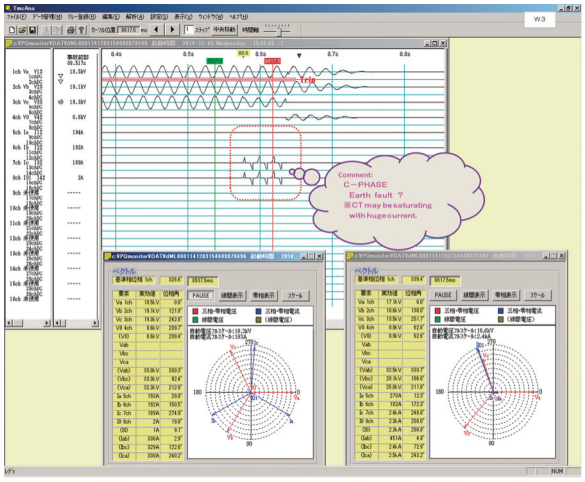


**図6**　系統事故事象データ（代表例）

PQモニターによる配電線の事故解析の結果、継続的な停電は、全停電の内、5%以下であり、ほとんどが樹木接触や鳥獣害などによる一時的な停電（地絡事故）であると推定できる。したがって、本システムの時限順送方式により、ほとんどの配電線事故が早期に復旧可能であり、本システムの有効性が実証される結果となった。

## 5．特長

### 5．1　長寿命化

柱上開閉器の主回路接点に耐久性の高い真空バルブ方式を採用。操作方式を電磁投入・無電圧引外し方式（常時励磁式）とし、操作リンクの軽量化や連結ピンの面圧低下等の工夫を重ねた。それにより、柱上ガス開閉器に対して、機械的開閉寿命回数を10倍、事故電流の投入性能を60倍以上に増加させ（**表1**）、配電線事故による停電が多いミャンマーの電力事情に合致した長寿命化を図った。

**表1**　開閉寿命の比較

| | | 柱上ガス開閉器（当社従来品） | 柱上真空開閉器（開発品） |
|---|---|---|---|
| 機械的 | | 1,000回 | 10,000回 |
| 短絡投入電流 | 12.5kA | 3回 | 200回 |
| | 20kA | 0回 | 100回 |

### 5．2　短絡投入性能

現地調査により変電所の変圧器容量等を調査した結果、短時間耐電流値は20kAが必要であることが判明した。真空バルブや機器構造の強化により、短絡投入電流20kAで100回の開閉寿命を達成した。

### 5．3　コンパクト化

柱上開閉器の遮断部に$SF_6$ガスを充填したガス絶縁方式により、絶縁距離の低減を図り、当社類似機種に対して容積比10%減を達成した。また、遮断部の本体ケースを丸型形状にすることで、不要スペースの削除や部品の最適配置を図るとともに、ガス圧力や事故時の内部圧力上昇に対する強度を確保した（**図7**）。

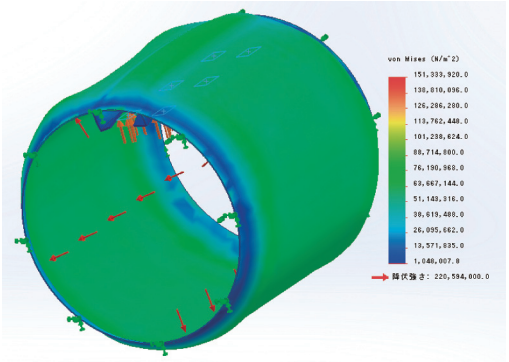


**図7**　本体ケースの強度解析結果

### 5．4　簡易な制御システム

ミャンマーでは大規模な中央監視装置の建設や高度なシステム運用が難しいことから、日本国内で実績のある時限順送方式を採用した。本方式は以下のとおり、簡素な制御システムが特長である。

- 通信設備や中央監視、各機器にバッテリー搭載が不要
- 定期的な部品交換が不要
- 各機器が独立制御され事故点の判定システムが不要

### 5．5　最適地生産

柱上真空開閉器は、当社グループ会社の日新電機タイ株式会社（NET）で生産することにより、価格・納期・商流の面で市場のニーズに合致した最適な生産を図った。

## 6．柱上真空開閉器

### 6．1　定格・仕様

**表2**　柱上真空開閉器の定格・仕様

| 項　目 | | 定格・仕様 |
|---|---|---|
| 種類 | | 屋外、水平、柱上設置 |
| 接続構造 | 主回路 | 端子方式 |
| | 制御回路 | 端子方式 |
| 雷インパルス耐電圧 | | 170kV |
| 商用周波耐電圧 | | 70kV 1分間 |
| 定格電圧 | | 36kV |
| 定格周波数 | | 50/60Hz |
| 定格電流 | | 600A |
| 定格遮断電流 | | 600A 10,000回 |
| 定格短時間電流 | | 20kA 1秒 |
| 定格短絡投入電流 | | 12.5kA 200回<br>20kA 100回 |
| 投入時間 | | 400ms以下 |
| 遮断（遅延）時間 | | 0.7s以上 |
| 開閉寿命 | 機械的 | 10,000回 |
| | 電機的 | 10,000回 |
| 質量 | | 410kg以下 |
| 操作方式 | | 電磁投入・無電圧引外し方式 |
| 定格操作電圧 | | 投入：DC230V |
| 定格操作電流 | | 60A以下 |

**図8**　柱上真空開閉器外観

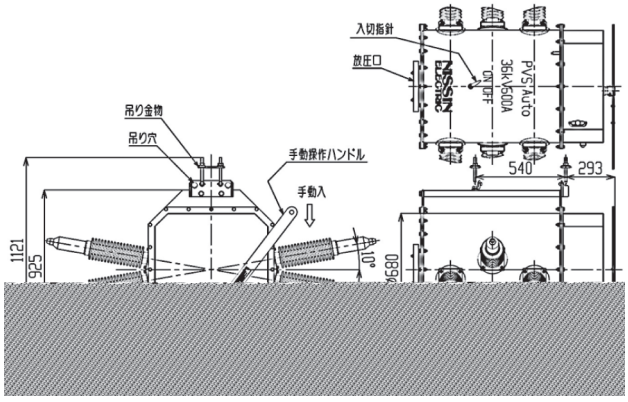


**図9**　柱上真空開閉器外形図

## 9．あとがき

2019年に納入した本配電自動化システムは、現在、YESCで実運用に向けた準備を進めており、2021年運用開始予定である。本システムの効果が確認されるとさらなる受注が見込まれる。これからも信頼性・耐久性の高い機器を提供することで、ミャンマーでの電力の安定供給に貢献するとともに、ヤンゴン以外の都市にも本システムの提案を進めていく所存である。

## 10．謝辞

2013年の技術実証案件から長期間にわたり、ご支援ご協力頂きましたJICAの皆様にこの場を借りて深く感謝申し上げる。

### 参考文献

（1） 植村 他：「受変電システム事業のあゆみ」、日新電機技報 創立100周年記念、Vol.62 No.1、p.28,35（2017.3）

### ✎執筆者紹介

**髙橋　剛貴**　Goki Takahashi
電力･環境システム事業本部
システム装置事業部　開発部

**池本　高典**　Takanori Ikemoto
電力･環境システム事業本部
ソリューションシステム事業部
電子機器開発部　主任

**山本　勝敏**　Katsutoshi Yamamoto
電力･環境システム事業本部
ソリューションシステム事業部
電子機器開発部　工手

**宮地　伸明**　Nobuaki Miyachi
電力･環境システム事業本部
システム装置事業部　開発部
主幹

**山田　潤**　Jun Yamada
電力･環境システム事業本部
システム装置事業部　開発部
主査