

インドネシア イナルム社向け 275 kV 送電線保護装置盤 更新プロジェクト

Project for Replacement of 275 kV Transmission Line Protection Panels for Inalum in Indonesia

春日 研 内山 政直 介川 行雄

■ KASUGA Ken ■ UCHIYAMA Masanao ■ SUKEGAWA Yukio

インドネシア共和国（以下、インドネシアと略記）北スマトラ州のアサハン川下流にある水力発電所回線の 275 kV 送電線保護装置盤の更新プロジェクトを、契約期間内の 2008 年 1 月に完了した。このプロジェクトは、発電・送電設備及びアルミニウム（以下、アルミと略記）製錬設備のリハビリテーション^(注1)の一環として受注した案件である。

更新作業はアルミ製錬所への電力供給を停止することなく行わなければならない、という難しい条件であったが、事前の入念な段取りによりスケジュールどおり完了できた。今回の実績で得られたノウハウを、今後の新たな更新案件に積極的に展開し活用していく。

Toshiba completed the renewal of transmission line protection panels for the Indonesia Asahan Aluminum, PT (Inalum) hydroelectric power station, located in the lower reaches of the Asahan River in Northern Sumatra, Indonesia, in January 2008. This project was a part of rehabilitation projects for hydroelectric power generation and transmission equipment and aluminum smelting facilities.

Although there was a severe condition that the supply of power for aluminum smelting had to be continued during the work, we were able to implement the project in accordance with the requirements by making detailed arrangements. We will continue to promote replacement projects in the global market based on our record of successful results.

1 まえがき

「アサハン水力発電アルミ製錬事業」は、インドネシア 北スマトラ州のアサハン川にあるシグラグラ及びタンガの両滝に水力発電所を建設し、この電力を利用してクアラタンジュンに建設したアルミ製錬所を運転することで、インドネシア及び日本におけるアルミ資源の円滑な供給を目的としたものである。1975年に日本政府とインドネシア政府の合弁事業として着工が決定したのに伴いイナルム社が設立され、1982年にアルミ製錬所が操業を開始した。それ以来、25年以上にわたり操業を継続している（図1、図2）。建設した当時、東芝は変圧



図1. シグラグラ水力発電所の貯水ダム — アサハン川のシグラグラ滝に建設された常時出力426 MW、最大出力513 MWの水力発電所である。

Dam of Siguragura Hydroelectric Power Station



図2. クアラタンジュンのアルミ製錬所 — アルミ製錬は、510基の電解炉が操業率98%で稼働しており、約400 MWの電力を消費している。

Aluminum smelter in Kuala Tanjung

器や送電線保護装置盤などを納入した。

アルミ製錬所は、1994年までは極めて順調に操業していた。しかし1995年ころから、タンガ発電所において、275 kV OFケーブル（Oil Filled Cable：油浸紙絶縁ケーブル）の焼損や発電機固定子コイルの絶縁破壊という重大事故により、アルミ製錬所への一時的な電力供給停止が発生した。また、ほかの発電所においても、275 kV 送電線保護リレーの誤動作及びAVR（Automatic Voltage Regulator：自動電圧調整器）やガバナ装置の故障などをはじめとして、発電障害につながるおそ

（注1） システム、装置などの更新や改修により、プラント全体の機能を向上させること。

れのある事故が見られるようになった。

そのため、イナルム社は発電・送電設備とアルミ製錬設備のリハビリテーション計画の立案を2000年から始め、東芝は、送電線保護システムの更新プロジェクトを2007年3月に受注し、2008年1月に完了した。ここでは、その概要について述べる。

2 リハビリの必要性

既設の送電線保護装置盤には、シグラグラ水力発電所、タンガ水力発電所、及びクアラタンジュン変電所で計128台のメカニカル形リレーユニットが適用されており、運用から25年以上が経過していた(図3)。国内でまとめたメカニカル形リレーの劣化傾向(表1)から、35台(送電線保護装置のパネル1面当たり4.4台)のリレーユニットが軸受などに不具合を内在している可能性が類推された。この劣化は部品の交換では回復できずリレーユニットごとの交換が必要であるが、当社はメカニカル形リレーの製造を中止しており供給が困難な状況であった(表2)。

また、コンデンサの劣化に伴うリレー動作精度の低下や、接点の黒化現象の発生を、2000年8月の現地調査でも確認済みで、コンデンサの交換による延命措置は可能であったが、交換

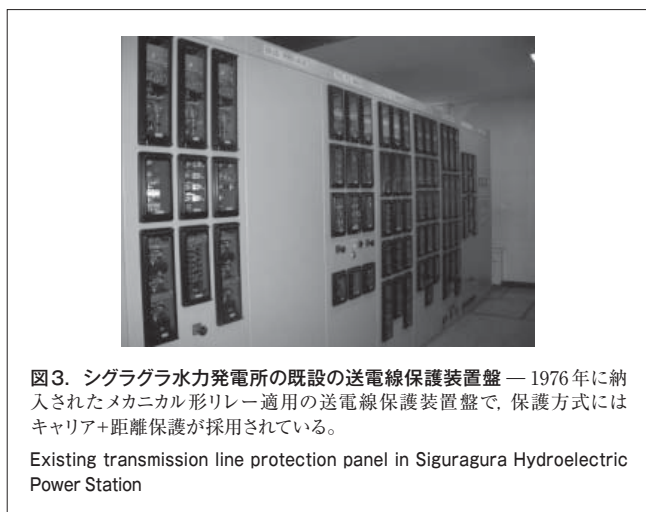


表1. メカニカル形リレーの経年劣化状況
Aging degradation of existing protection relays

劣化現象	発生状況
軸受の摩耗	15～18年経過：不良率3.7% 19～21年経過：不良率27.8%
クラッチ用絶縁ワッシャのクラック発生	1993～1995年に発生した不具合事例140件のうち、16件(11%)が該当。そのうち、16年以上経過したものが15件。
整定タップ部のクラック発生	1973～1995年に発生した不具合事例140件のうち、6件(4%)が該当。そのすべてが15年以上経過。

表2. 既設の送電線保護装置盤に適用されたリレーの改廃状況

Obsolete status of protection relays in existing line protection relay panels

区分	故障判別	器具番号	形式	廃形年
主保護	短絡故障	44SI	CYS5D	2002年
		44SO	CYS2D	2002年
		51H	CCO10F	2002年
		27H	CZV1D	1997年
		51L	CCO10F	2002年
		27L	CYV2D	1997年
	地絡故障	44GI	CYD6D	2002年
		44GO	CYD6D	2002年
		51GH	CCO1D	2002年
		51GL	CCO1D	2002年
その他	27Gφ	CYV1D	2002年	
	91P	CWO1D	2002年	
後備保護	短絡故障	44OM	CYS2D	2002年
		44S	TXS7D	2002年
	地絡故障	51S	CCO10F	2002年
		44G	TXG3D	2002年
		51GB	CCO1D	2002年
	その他	44OMB	CYS2D	2002年

しても数年しかもたず、抜本的なりハビリテーションが必要な状況であった。

既設の送電線保護装置盤に全面的な改修や補修を実施するのは困難なため、高信頼性とメンテナンスフリーを指向したデジタル形リレーへの更新となった。

3 送電線保護システムの構成

既設の送電線保護システムは、主保護に非阻止オーバーリーチ保護方式(UOP: Unblocking Overreach Protection)、後備保護に距離保護方式が適用されており、これを現行のデジタル形リレーを用いて同一保護方式で更新することにした。

また既設の送電線保護システム(一重)より信頼性を高めるため、リレーシステムの完全二重化を提案した(図4)。リレーシステムを二重化すると、1リレーシステムが不良となった場合でも、残りの1リレーシステムで完全な保護を継続できるため、一重に比べて安定した送電線保護システムを提供できる。当初は、完全に二重化するため通信路(キャリア)及び変流器や遮断器のトリップコイルの2系列化を検討したが、変流器や遮断器のトリップコイルは不良率が非常に低いので、2系列化しなくても完全二重化相当の信頼度が得られると考え、送電線保護システムと通信路だけ二重化した。

4 2時間復旧

アルミ電解炉では、停電した場合、2時間以内に復旧しないと溶解したアルミが凝固してしまうという問題がある。いった

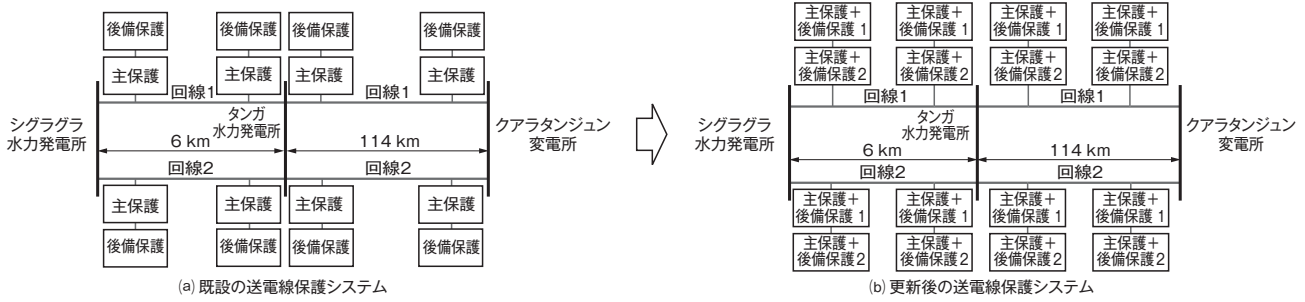
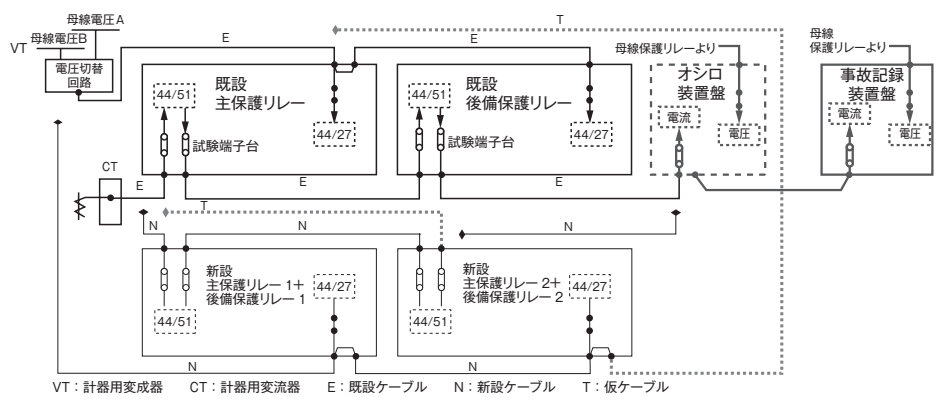


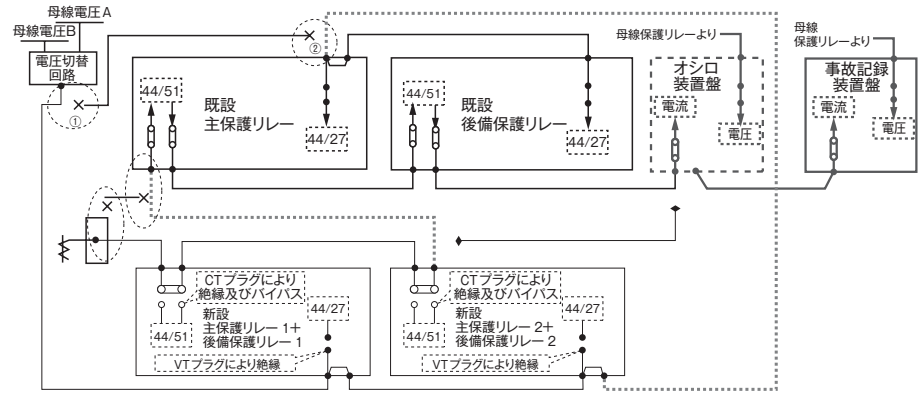
図4. 送電線保護システムの構成 — アルミ製錬用の回線ということで、より信頼性の高い送電線保護システムにするため、既設システムが一重だったのに対して、新設システムは二重化した。

Configuration of transmission line protection system

ステップ1：準備(停止前)



ステップ2：端子台及び試験端子周りのケーブル敷設(停止前)



ステップ3：ケーブル敷設完了(既設の送電線保護装置盤から新設装置盤へ切替え)

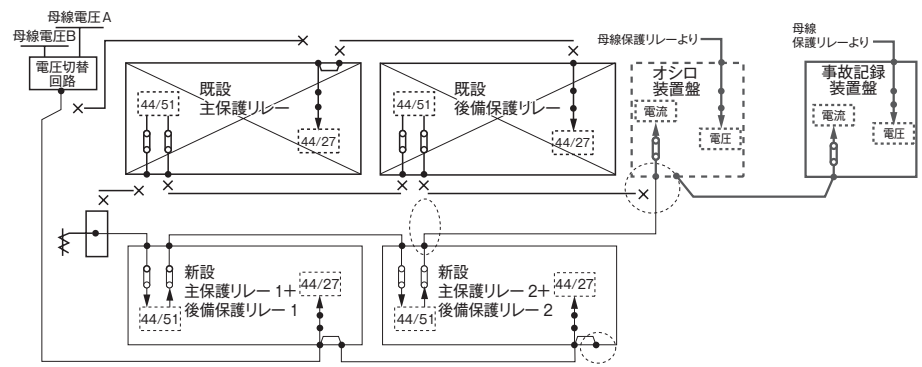


図5. 2時間復旧対応のケーブル敷設手順 — 仮ケーブルを敷設することで、トラブル発生時は2時間で系統を復旧させることができる。

Procedure for laying cable for restoration within 2 hours in replacement of transmission line protection panel

ん電解炉の温度が下がってしまうとアルミ製錬事業は壊滅的な打撃を受けることになるため、トラブルが発生したときは2時間以内にシステムを復旧させる必要がある(2時間復旧)。また、更新作業に関しても、1回線当たり2時間までの停止しか認められていないため、この対策に多くの時間を費やした。

短時間しか停止できないため、既設の送電線保護装置盤を撤去してから新設の装置盤を設置するという手順がとれず、変電所によっては既設のリレールームに設置のための空きスペースがなかったり、また、既設装置盤を撤去できないため既設のケーブルを流用できないなど、様々な問題に直面した。更新時の系統事故発生やそのほかの運用トラブルが生じた場合の送電線保護システムの復旧を考慮して、下記の手順で現地試験を行うことにした。

- (0) 新設装置盤据付け場所及びケーブル敷設方法の決定、土木工事の完了
- (1) 新設装置盤の据付け、並行してケーブルの敷設
- (2) 試験電源の準備
- (3) 試験装置の準備
- (4) 新設装置盤の単体及び装置試験
- (5) 主に仮ケーブルの敷設
- (6) 対向端の新設装置盤との対向試験
- (7) 回線の停止
- (8) 新設装置盤への接続替え
(切替え中にトラブルが発生したときの復旧も考慮)
- (9) 新設装置盤での二次側電流入力試験
- (10) 既設ケーブルの撤去
- (11) 既設装置盤の撤去



図6. シグラグラ水力発電所における新設ケーブル敷設のようす — 既設ケーブル用のピットがいっぱいだったため、新設ケーブル敷設用のピットを新たに設けた。

Cable pit in Siguragura Hydroelectric Power Station

なお、(5)では既設装置盤のケーブル接続を残した状態で新設装置盤の接続を行い、以降の(6)~(9)でトラブルが発生した場合でも既設装置盤で対応できる構成とした(図5)。

このような入念な事前検討により、実際の現地工程もスムーズに進み、懸念された2時間復旧が求められるトラブルもなく、契約期間内に更新作業を無事終了することができた(図6)。

5 あとがき

25年以上前に当社が納入した送電線保護装置盤の更新作業がスケジュールどおりに完了した。また、アルミ製錬所への電力供給を停止することなく更新を行うという課題も達成でき、このような特殊ケースにかかわれたことは貴重な経験となった。

海外にはこの案件と同様に、多くの当社製メカニカル形リレーが納入されており、今回の実績で得られたノウハウを多くの更新案件の効率化と信頼性向上に役だてていく。



春日 研 KASUGA Ken

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 海外電力技術部。海外系統保護制御システムのエンジニアリング業務に従事。

Transmission & Distribution Systems Div.



内山 政直 UCHIYAMA Masanao

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 海外電力技術部。海外系統フルターンキーの保護制御エンジニアリング業務に従事。

Transmission & Distribution Systems Div.



介川 行雄 SUKEGAWA Yukio

電力流通・産業システム社 府中事業所 電力システム制御部 主査。海外系統保護制御システムの開発・設計に従事。

Fuchu Complex