

発電所用改良型相分離母線(IPB)

Development of New Isolated-Phase Busduct System for Generating Stations

吉田 茂 濱野 匡靖 木村 正也
YOSHIDA Shigeru HAMANO Tadayasu KIMURA Masaya

当社の相分離母線(IPB)は、火力・水力・原子力発電所で運転されてきわめて安定した性能を示しているが、近年コストダウンや工程短縮など、IPBの世界でも合理化が求められている。これにこたえるため、母線導体の支持構造を従来の1点支持から3点支持に変えることによりユニット長を従来の2倍に長尺化し、現地アルミニウム溶接点数の半減や輸送回数の低減によるコストダウンを図った改良型IPBの開発に着手した。今回、実規模モデルを用いて所要性能を確認し製品化を完了した。

This paper introduces Toshiba's improved isolated-phase bus duct (IPB) for generating stations. Although the existing IPB has been providing reliable operation for a long period, demand has arisen in recent years for a reduction in the number of erection welding points because of a shortage of aluminum welding technicians, as well as the need to reduce transportation costs. The new, improved IPB has been developed to meet these requirements.

1 まえがき

IPB(Isolated Phase Bus duct)は、図1の典型的な配置に示すように、主として発電所の屋内設置の発電機と屋外設置の昇圧用主変圧器や所内変圧器間の大電流の発電機主回路に適用され、三相回路を一相ずつの母線箱で物理的に分離させて配置し、重要回路である主回路の信頼性を上げているものである。

当社のIPBは、製造開始以来40年以上を経過し国内外

の発電所に多数納入されてきわめて安全に運転されているが、近年コストダウンや現地のアルミニウム(以下、アルミと略記)溶接箇所の低減が望まれていた。今回、ユーザーの保守性の容易さ、現地据付け性の向上も加味して改良型IPBの開発を完了、現在まで複数のユーザーに納入している。この改良型IPBは、風冷で最大42kA級、自冷で最大21kA級のすべての電流領域のIPBに適用可能である。

以下に、その改良型IPBの概要と特長となる機能について述べる。

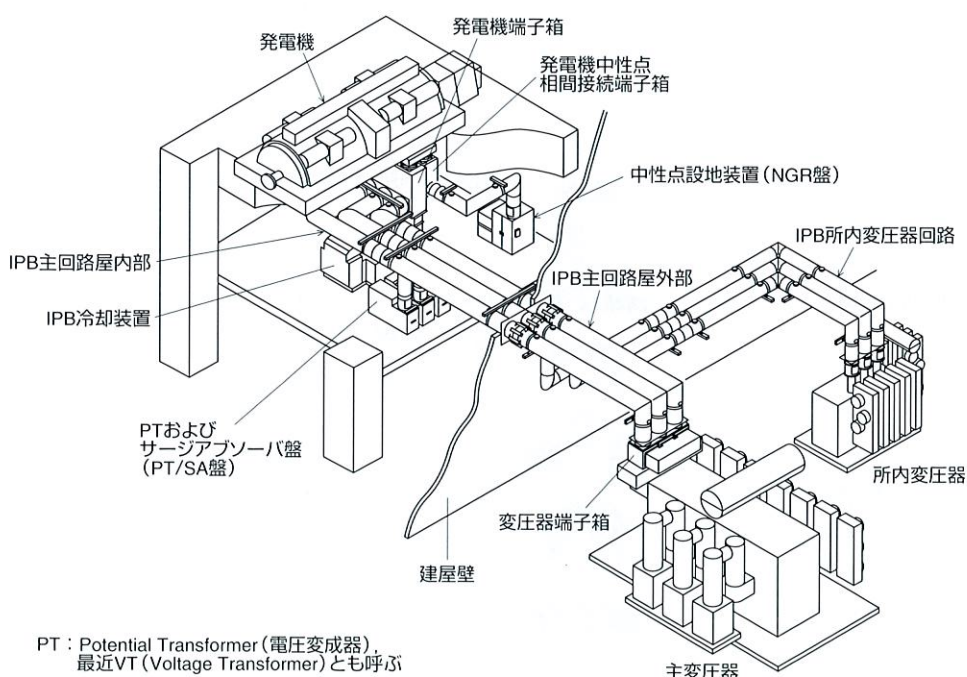


図1. IPBの配置例 発電所の発電機から主変圧器までの典型的なIPBの配置を示す。

Layout of IPB

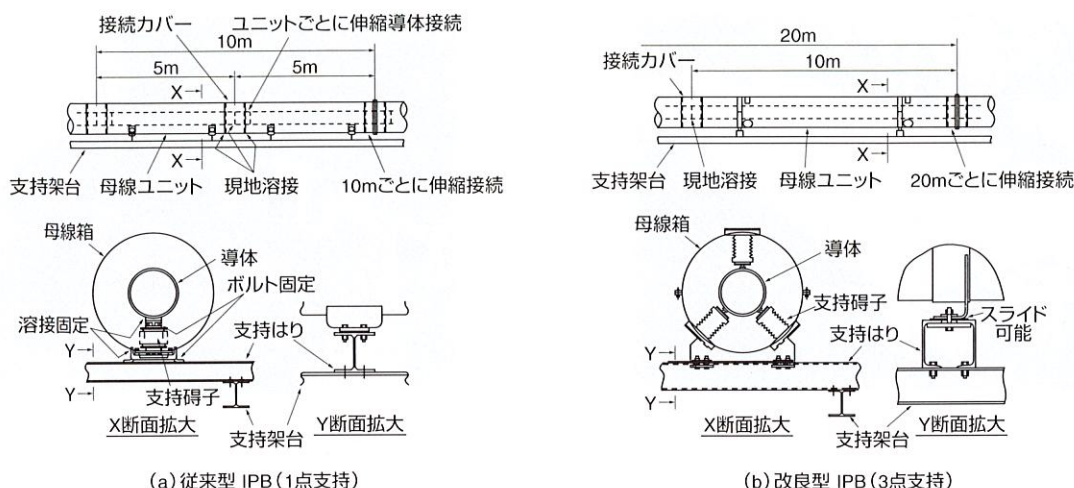


図2. IPB 構造比較概要 従来型 IPB は導体を 1 点で固定支持する方式に対し、改良型 IPB では導体の支持を逆 Y 字の 3 点支持としている。

Comparison of cross sections of previous and new IPBs

2 改良型 IPB と従来型 IPB の構造比較

改良型 IPB の開発は実規模モデルを試作し各種の検証を行なった。

従来型(1点支持)と改良型(3点支持)の IPB 構造比較概要を図2に示す。

図2(a)の従来型 IPB は母線導体(以下、導体と略記)を1点で固定支持する方式(以下、1点支持と略記)であるのに対し、図2(b)の改良型 IPB では導体の支持を逆 Y 字の3点支持としている。改良型 IPB では導体は取付ベースで固定された3点の支持碍(がい)子に挟まれてスライド可能で、母線箱も支持はりにスライド可能な構造で取り付けられている。

この改良型の基本構造は、自冷 IPB や風冷 IPB の別にかかわらず共通に適用する。図3に、改良型 IPB の三相分の実機を断面方向から見た外観を示す。

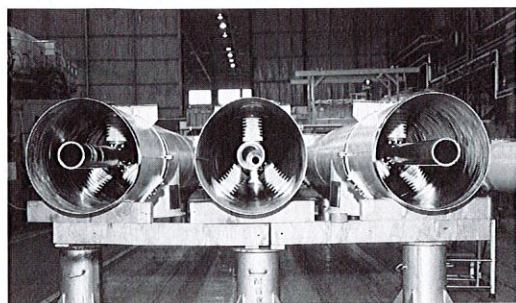


図3. 改良型 IPB の断面(三相配置) 導体が3点の支持碍子に挟まれてスライド可能な構造となっている。

Cross-sectional view of new IPB

3 従来型 IPB の技術的課題と改良型 IPB の特長

3.1 IPB 単位の長尺化と現地アルミ溶接箇所削減

導体と母線箱とは通電による温度上昇値が異なるために熱伸縮量が異なる。従来構造では導体と支持碍子、支持碍子と支持はり、および母線箱と支持はりが溶接あるいはボルトで固定されるために熱伸縮差吸収上の問題から、IPB 母線の接続間隔(以下、ユニット長と略記)は4~5mと比較的に短かくせざるを得なかった。このため、全体の接続箇所数が増え、したがって、現地溶接箇所が多く現地工事期間が長く掛るといった問題があった。

改良型の構造では、導体は逆 Y 字配置の3本の支持碍子に挟まれてスライド可能で、母線箱も支持はりにスライド可能な構造で取り付けられている。これにより、熱伸縮差を無理なく吸収できることから、従来構造の IPB に比べ2倍(10m:トラック輸送の限度長)のユニット長が可能となり、全体のユニット数を大幅に削減できる。これにより、現地のアルミ溶接箇所が削減でき据付け工数の削減に寄与し、また、ユニット長の2倍化は輸送回数の低減にも寄与している。図4にこの長尺化した IPB の外観(三相分)を示す。

3.2 IPB の段積み輸送と保管スペースの節約

従来の1点支持構造では、母線箱は支持はりからの1点支持だけで剛性が不足し、IPBを重ねての輸送や保管ができない構造であった。改良型3点支持構造では、IPB母線箱の剛性が強まり IPB を2層以上に重ねた段積みが可能で、輸送費低減や保管スペースの縮小が可能となった。

3.3 支持架台との IPB 組合せの制約

従来構造では母線箱が支持はりに直接ボルト固定されているため、IPB 取付け架台との組合せが制約され、据付け

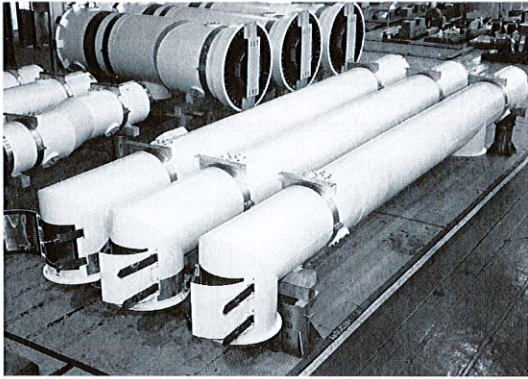


図4. 長尺化した改良型 IPB(三相配置) 従来型 IPB に比べて2倍のユニット長が可能で、全体のユニット数を大幅に削減できる。

External view of longer new IPB

に費やす時間が多く工期短縮の要請があった。改良型構造の場合、母線箱を支持はりにバンド取付けにして、架台との組合せに柔軟性をもたせたため現地での据付工数の削減ができる。さらに、支持はりと架台との接合部数の削減により架台の簡素化も図れるようになった。

3.4 導体支持碍子の保守性

従来型の IPB では支持碍子の組立てや交換は、他の別の場所に開けた点検窓から作業員が母線箱内に入り箱内を移動し、当該の支持碍子付近で作業する必要があった。

改良型の IPB では、支持碍子を母線箱の外部から取外し・取付けができる構造とし保守性を向上させている。

なお、従来型 IPB と同様に、作業員が母線箱内に入り碍子などの点検や清掃作業をすることは改良型 IPB でも可能である。

4 開発検証試験

実規模モデルを製作して以下の検証試験を行なった。

- (1) 加振試験 IPB を大型加振台に載せ 0.3 G を超える共振正弦 3 波突印や大地震の代表的な観測波であるエルセントロ地震波で加振して各部応力を測定し、十分な対地震強度・安全性をもっていることを確認した。
- (2) 輸送試験 実際に IPB を輸送トラックに積載し、各種条件下の一般道路および高速道路を走行させ各部の応力を測定して、十分な機械的強度をもっていることを確認した。
- (3) 温度・熱伸縮試験 図5の工場試験写真に示すように実規模モデル IPB を自冷状態とし、60 Hz、18,000 A の大電流を通電し各部の伸び・応力と温度を測定して、それぞれ十分な余裕があることを確認した。
- (4) 耐電圧試験 規格で求められる雷インパルス(150 kV)、交流電圧耐電圧(60 kV)を超える耐電圧試験を実施し十分な耐力があることを確認した。

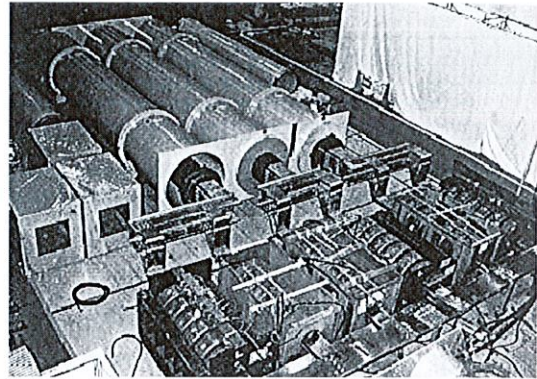


図5. 改良型 IPB の温度試験 試作した実規模モデルを用いた温度試験を行い、各部の伸び・応力と温度上昇に十分な余裕があることを確認した。

Temperature rise test on new IPB

- (5) 支持碍子の取外し・取付けと内部点検作業確認試験 実際の保守・点検作業を模擬的に実施し、支持碍子の取外し・取付と内部点検の容易性を確認した。
- (6) 屋外短期暴露試験 屋外で6か月間以上の暴露試験を実施し、支持碍子取付け部のシールの健全性を確認した。

以上、実規模モデルによる各種試験および組立て試験などのすべてにおいて改良型 IPB が予定の性能をもつことが確認された。

5 重要部分の信頼性向上のための解析評価

この報告では IPB 導体とそれを囲む母線箱の構造改良など、機械構造を中心に述べている。このほかにも IPB の周辺設備である変圧器や発電機の端子との接続箱をはじめ中性点相間接続箱、電圧検出用 PT 盤などの IPB 周辺設備についても電流表皮効果や漏れ磁束による温度上昇解析を実施し、IPB 全体システムとしての信頼性の向上に努めている。

その代表的事例として短絡板の温度解析例について述べる。短絡板とは導体の母線電流による磁界を、外波である IPB 母線箱に発生する誘導電流で打ち消し、母線箱の外への磁束を極小化するために、三相の IPB 母線箱の両端を相互に短絡させる目的で設置しているものである。この短絡板が局部的に加熱する現象は実測や従来のコンピュータ近似磁界解析からある程度わかっていたが、今回、解析精度を上げたコンピュータ三次元渦電流解析および熱伝導解析¹⁾によって、短絡板に流れる電流、損失および温度分布を明らかにし、短絡板の構造や寸法の及ぼす影響を定量的に評価し改良に反映している。

図6はその IPB 端部短絡板のコンピュータ解析による温度分布図の一例で、図5の実試験の一項目に対応するも

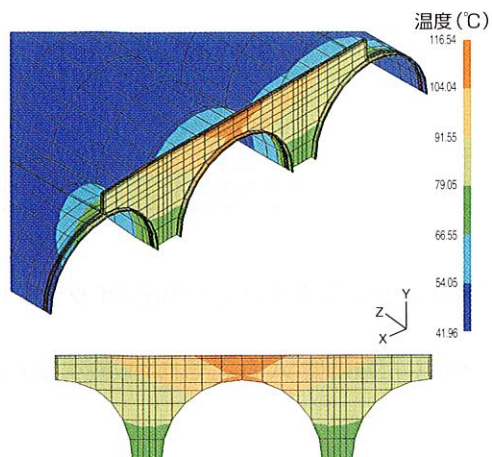


図6. 三次元解析によるIPB母線箱短絡板の温度分布 三相のIPB母線箱端部間をつなぐ短絡板の下端の低い温度(緑色)から、次第に上端に向かって高い温度(オレンジ色)に移り、短絡板の中央の先端部が一番高い温度になる分布を定量的に示している。

Results of computer analysis of IPB temperature distribution

のであり、同じ温度を等温線で表示している。

このような新しい詳細解析手法の適用によって、精度の高い温度上昇の定量的な評価が容易になり、局部加熱の防止面で信頼性向上に貢献できる。

6 あとがき

今回の改良型IPBは信頼性と保守性に優れた付加価値のある装置としてユーザーニーズにこたえていけるものと期待している。現在までに複数の発電所に納入させていただいている。

文献

- (1) 池田正巳, 他, 相分離母線への三次元過電流解析の適用, 電気学会論文誌 - B(電力・エネルギー部門誌), 118-B, 10, 1998, p.1116-1122.



吉田 茂 YOSHIDA Shigeru

電力システム社 火力事業部 火力産業・IPP 技術部参事。
火力発電所電気機器のエンジニアリング業務に従事。電気学会、IEEE 会員。
Thermal Power Systems Div.



濱野 匡靖 HAMANO Tadayasu

電力システム社 浜川崎工場 変圧器部主幹。
変電機器(変圧器)および相分離母線の開発・設計に従事。
Hamakawasaki Operations



木村 正也 KIMURA Masaya

電力システム社 浜川崎工場 変圧器部主査。
相分離母線の開発・設計に従事。
Hamakawasaki Operations