

# BTB実験装置の動作試験と性能評価

AE14012 伊藤誓司

指導教員 藤田吾郎

## 1. はじめに

昨今において省エネルギー化や地球温暖化対策は重要な課題である。これらの課題を解決する上でパワーエレクトロニクスは社会的に必要な技術であることが技術者教育センター構想<sup>[1]</sup>にて述べられており、電力工学におけるパワーエレクトロニクス技術教育の必要性が高まっている。また、電力系統において、BTB (Back-to-Back), HVDC (High-Voltage-Direct-Current), SVC (Static-Var-Compensator) などの多くのパワーエレクトロニクス技術を応用した電力系統設備が用いられており、電力工学を発展させていくうえで、パワーエレクトロニクスの技術は必要不可欠となっている。このような背景から、パワーエレクトロニクス技術の1つとしてBTBの技術教育を行うことは今日の社会にとって必要な技術者の育成につながると考えられる。しかし、現状のBTBを模擬できる試験装置はパワーエレクトロニクス技術について学べるものが存在しないため、本研究では大学の実験室で模擬できる三相交流電力100Wから200W程度で使用できるパワーエレクトロニクス技術と系統連系技術を同時に学べる教育用小型BTB実習装置を開発することを目的とする。

## 2. 直流送電におけるBTB<sup>[2]</sup>

BTBとは直流送電を行う際に採用されている方式のうちの1つである。BTB連系の概要を図1に示す。この方式は図1の様に、連系所内で直流線路なしに、まったく同じ2つの変換器を同一地点に接続した設備である。その様子が、背中合わせに見えることからBTBと呼ばれている。このBTBは、世界の直流設備のうちで、約40%と最も多く適用されている方式である。適用例として、同一周波数の交流系統間を連系する方式がある。西日本では60Hzの同じ周波数で関西電力、中部電力、北陸電力の三社が電力融通を行っているが、交流系統が環状に接続してしまうために、互いの電位差や位相差、周波数差、

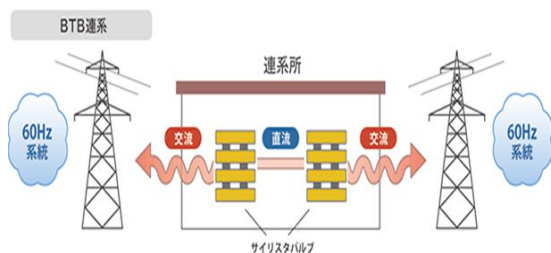


図1 BTB連系の概要<sup>[3]</sup>

その他要素により電力の流れ（潮流）を制御することが困難となってしまう。この問題を解決するために中部電力と北陸電力の連系点（南福光連系所）にBTBを設けている。

## 3. BTB実習装置

本研究において製作するBTB実習装置は、日本における一般家庭用電源である三相交流電圧100Vを用いて使用する事が可能である小規模なものである。この実習装置では、系統間の電力融通を模擬し、その様子から仕組みまで学ぶことができる。BTBではサイリスタブリッジによって全波整流した三相交流電圧を直流電圧に変換し、サイリスタの制御角を変化させることによって直流電圧の値を制御する。先行研究として、サイリスタボードと名づけたBTB回路におけるサイリスタブリッジ回路の製作、及びこれを制御するためのプログラム作成についてLabVIEWを用いて行われた。

本研究では主にBTBの実験をする際に用いる回路の検討、製作を行い、最終的に実習装置の動作確認を行った。先行研究の段階ではDMM (Digital-multi-meter) を1台のみ使用する回路構想であったのに対して、さらにもう1台製作し、2台のDMMを用いて2台のサイリスタボードを制御することができるようにLabVIEWのプログラムを再構築した。

## 4. BTB動作試験概要

本試験では、50Hzの三相交流電圧100Vの電源を系統と見立て、BTB回路を用いて系統A、系統Bを連系した際の電力融通の様子を、サイリスタの制御角を変化させて確認していく。本試験の実験回路を図2に示し、各素子の値を表1に整理して示す。

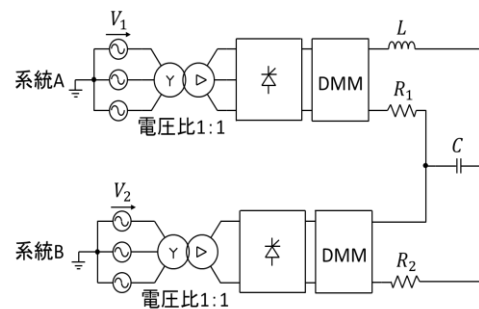


図2 試験回路図

表1 各素子の値

記号	値	単位	名称
$V_1$	100	V	系統A線間電圧
$V_2$	100	V	系統B線間電圧
L	100	mH	平滑用コイル
C	300	$\mu$ F	平滑用コンデンサ
$R_1$	100	$\Omega$	抵抗
$R_2$	100	$\Omega$	抵抗

## 5. 結果

系統A側のサイリスタ制御角を $\alpha$ [°]とし、系統B側のサイリスタ制御角を $\beta$ [°]とする。制御角を変化させた時の相電流波形の様子を図3に示し、相電圧に対する相電流の位相角の様子を $\alpha = 0$ [°]の時を図4、 $\beta = 90$ [°]の時を図5、有効電力の様子を $\alpha = 0$ [°]の時を図6、 $\beta = 90$ [°]の時を図7にそれぞれ $\alpha$ 、 $\beta$ を変化させた際の違いを示す。ここで、 $V_{uv}$ :uv間線間電圧、 $I_u$ :u相における相電流とする。

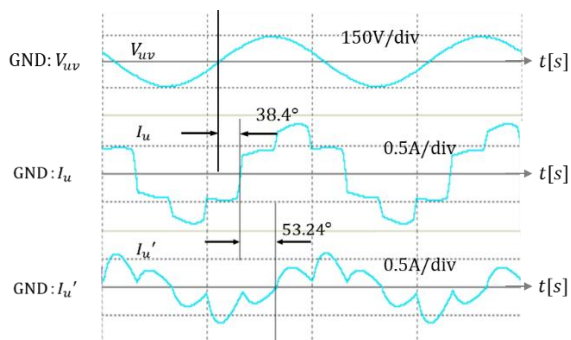


図3 系統A相電流波形における位相角の変化  
 $I_u$ :  $\alpha = 0^\circ$ ,  $I'_u$ :  $\alpha = 80^\circ$  (10ms/div)

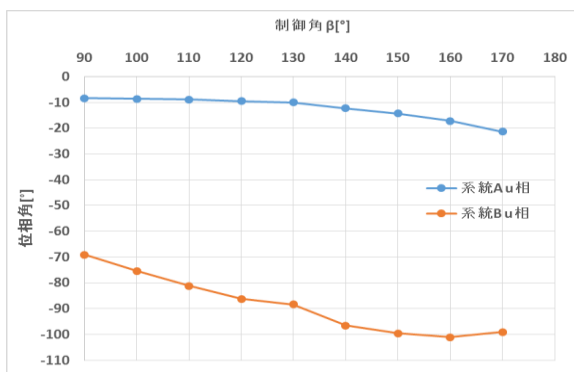


図4 相電圧に対する相電流の位相角の変化 ( $\alpha = 0^\circ$ )

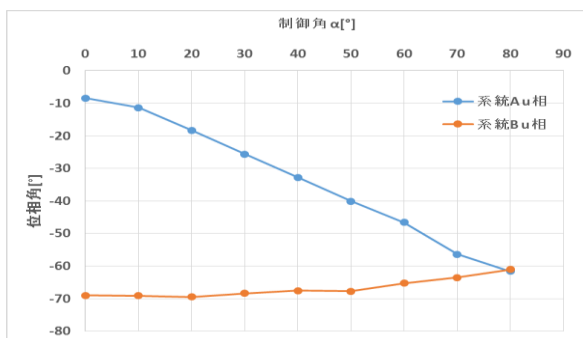


図5 相電圧に対する相電流の位相角の変化 ( $\beta = 90^\circ$ )

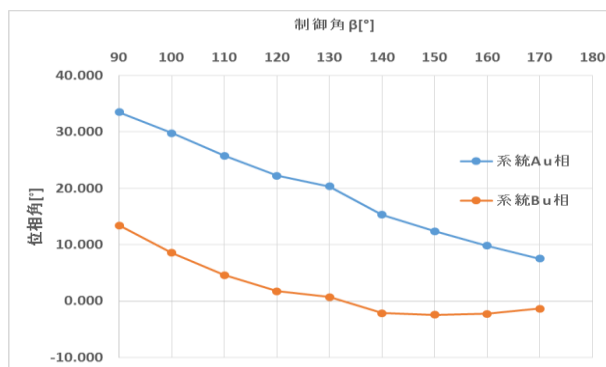


図6 u相における有効電力 ( $\alpha = 0^\circ$ )

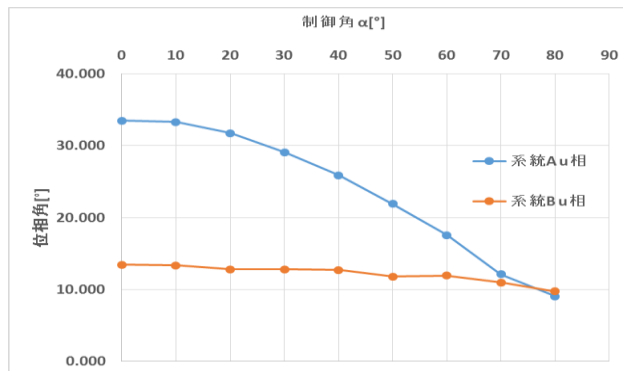


図7 u相における有効電力 ( $\beta = 90^\circ$ )

系統A側u相について $\alpha$ の値を増加させると相電圧に対する相電流の位相差は増加していき、有効電力は減少した。また、系統B側u相について $\beta$ の値を増加させると相電圧に対する相電流の位相差は増加していき、有効電力は減少した。本稿では割愛したが、v相とw相についても同様のことが言える結果を得られた。

## 6. まとめと今後の展望

サイリスタを用いたパワーエレクトロニクス技術を学べるBTB実習装置を開発し、系統間での電力融通を確認できた。今後の展望として、実験装置のモジュール化をすることで、教育に適したものに改良していきたいと考えている。また、モジュール化をすることにより、様々な系統連系を模擬した実験環境の構築について検討していきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 石井彰三, 「技術者の継続教育支援のための組織構想」, 電気学会誌, 125巻 (2005), 10号, p.639-640
- [2] Power Academy 「電気の施設訪問レポート vol.17」  
(<http://www.power-academy.jp/electronics/report/rep01900.html>)  
2017年11月15日アクセス
- [3] 町田武彦, 『直流送電工学』, 東京電機大学出版局 (2000)