

高圧受変電設備実習装置の制作

千葉職業能力開発短期大学校 五十嵐智彦・栗秋 亮太

1. はじめに

近年、建設需要の増加等に伴い、電気技術者の需要はより高まっている。しかし、電気設備工事における人材不足は加速しており今後さらに不足する見込みであるといわれている。

本校電気エネルギー制御科では学生の就職先として電気設備工事および施工管理業の比率が増加してきていることから、電気設備系科目の強化と、在学中の第二種および第一種電気工事士などの資格取得についての支援を行ってきた。しかし、これまで電気設備系科目の実習対象である高圧受変電設備の実習装置を有していない状況であった。そこで、より実践的な保守点検および設備管理の技術の習得を目的とした高圧受変電設備を模した実習装置を、専門課程総合制作実習の一環として一から自作することとした。

本装置は、実際の高圧受変電設備を念頭に、

- 実際の高圧受変電設備と同様の電気的操作が体験できること
- 実際の高圧受変電設備よりも高い安全性を確保していること
- 実際の高圧受変電設備では容易には再現が困難である、過電流、漏電等の不良状態を含むさまざまな現象を疑似的に再現できること

という、3つの要件をコンセプトとして実習装置の制作を行った。その結果、同様の受変電設備実習用教材（市販品）の3分の1程度の費用で、本格的な実習装置を完成させることができた。

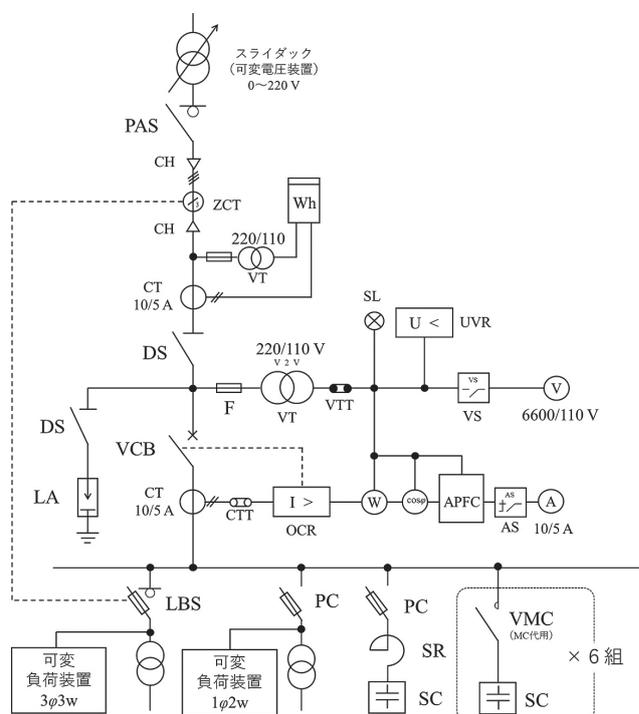


図1 高圧受変電設備の基本構成図

本稿では、取り組みの結果、完成した受変電設備が上記コンセプトを満たし、実習装置として動作させることができたので報告する。

2. 高圧受変電設備の概要

高圧受変電設備とは、ビルや工場をはじめとする大口の需要家（自家用電気工作物）における、高圧受電に必要な電気設備である。一般に、自家用電気工作物は6600Vで受電することが多く、扱いが容易

な電圧である100/200Vに変成する必要がある。この際、電圧の変成機能と保安上必要な機能を集約して電気室やキュービクル内に設けたものを高圧受変電設備という。本実習装置では、可能な限り現実の受変電設備を模した構成になるようその検討を行った。

本装置は、開閉器類、計器類、保護継電器類、および変圧器類から構成される。以下に主要な構成機器を挙げる。

① 開閉器類

- 柱上気中負荷開閉器 (PAS：戸上電機 KLT-PSA-HD2N10A LTR-PS-DOL)
- 真空遮断器 (VCB：三菱電機 VF-8-NHD-0100000/7.2KV)
- 高圧交流負荷開閉器 (LBS：富士電機機器制御 LBS-6A/200F および SP-4D)
- 高圧カットアウト (PC：日本高圧電気 FC-30)
- 断路器 (富士電機機器制御 V-2)

② 計器類

- 計器用変圧器 (VT：富士電機機器制御 CD32F-21)
- 変流器 (CT：三菱電機 CD-25KB 10/5A)
- 電圧計 (三菱電機 YS-10NAV B 0-9000V 6600/110V)
- 電流計 (三菱電機 YS-10NAA 10/5A)

③ 保護継電器類

- 過電流継電器 (OCR：オムロン K2CA-HV)
- 不足電圧継電器 (UVR：オムロン K2VU-H)
- 地絡継電器 (GR：オムロン K2GA-V)
- 自動力率調整装置 (APFC 三菱電機 MICAM-VAR III)

④ 変圧器類

- 単相変圧器 (三菱電機 SF-1R1P 10kVA50Hz 6kV/210-105V)
- 三相変圧器 (三菱電機 RA-3R3P 20kVA50Hz 6kV/210V)
- 進相コンデンサ (三菱電機 KL-8 10.6kvar 7020V 50Hz)
- 直列リアクトル (三菱電機 KR-3 0.638kvar 6600V 50Hz)
- 放電コイル (三菱電機 DC-1B 6.6kV 50/60Hz 1000kvar)



図2 柱上気中負荷開閉器の実習装置



図3 真空遮断器と継電器類、計器類の様子



図4 開閉器類の様子



図5 変圧器類と進相コンデンサ類

図2には、柱上気中負荷開閉器（PAS）の実習装置を示す。この開閉器は引込点の電柱の上部に設置されるものである。これはアルミ角棒でフレームを組み、キャスターを設けることで他の設備と切り離して自由に移動できるようにした。このようにすることでフレキシブルに実験を行うことができるようになった。

図3には受変電設備の回路の主たる開閉装置である真空遮断器（VCB）、電気設備を保安上監視する継電器類、および設備の運転状態を表示する計器類を示す。また、図4には、各変圧器に至る幹線の回路を開閉する開閉器類、図5には電圧を変成する変圧器類（写真右、三相変圧器、6600/220 20kVAおよび写真中央、単相変圧器、6600/100-200 10kVA）、および、力率改善するためのコンデンサおよび直列リアクトル（写真左、コンデンサ容量10kvar）を示す。基本的にフレームはLアングルで組み立てを行い、図1に示す基本回路に従って配線を行った。高圧部はKIP電線（ 8mm^2 ）を、制御配線はIV電線（ 1.25mm^2 ）をそれぞれ使用した。実際に使用されている高圧受変電設備を忠実に模して配線を行っている。負荷装置としては、力率可変負荷装置（松栄電子工業 3U-202、図6）を用い、負荷の電流値と力率を任意に変更できるようにした。さらに、この負荷装置により遅れ力率を発生させた場合には、自動力率調整装置により自動的に力率1.0になるよう、順次進相コンデンサ（パナソニック ZA-20T、図7）が投入されるようにした。これは、本来であれば真空電磁接触器（VMC、コンビネーションユニット）と高圧コンデンサを用いるべきであるが、場所と費用を勘案して、200Vモータ用コンデンサと100V用電磁接触器で代用することとした。



図6 力率可変負荷装置



図7 APFCにより操作されるコンデンサ

3. 安全の確保

一般に、高圧受変電設備は6600Vが印加されることから、その取り扱いには高い専門性が要求される。しかし、高圧受変電設備の操作法の習得に供される教材にあって、その電氣的な現象が正確に再現できてしまえば、必ずしも6600Vという高圧を用いる必要はない。そのため、本実習装置においては、母線電圧は200Vとすることとした。このようにすることで、高い安全性を確保したうえで実験を行うことができる。一方、現実の設備を正確に再現する必要があることから、計器用変圧器（VT）の変圧比は220/110Vとし、一方の電圧計の変圧比は6600/110Vとすることで、母線に220V印加されたときに電圧計に6600Vと表示させるようにした。



図8 OCRの始動時の様子



図9 UVRの動作時の様子



図10 別電源による模擬地絡電流の発生

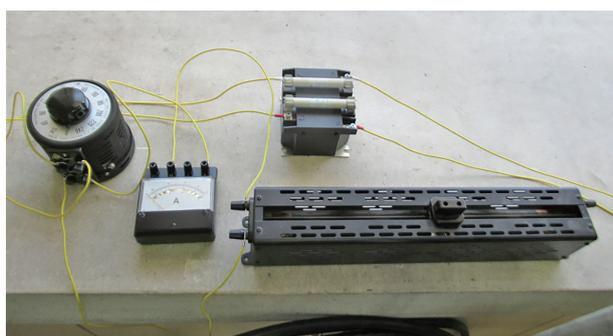


図11 模擬地絡電流の生成回路

4. 本装置が再現できる機能

高圧受変電設備は、6600Vを100/200Vに変圧する機能だけではなく、短絡、過電流、地絡、電圧低下等の異常発生時に、電気設備を安全に停止、警報できる保安上の機能を有している。実際の受変電設備でこのような現象を目にできる機会はほとんどない。また、力率を極端に悪化させたり、OCRの整定電流以上の電流を流すといったような通常の受変電設備では過負荷状態である事象も、教材では安全に再現することができる。

そこで本実習装置では、実際の受変電設備では通常体験できないような電氣的な現象を模擬的に再現できるような工夫を行った。以下にその一例を示す。

- 負荷装置により、OCR整定電流以上の電流を流し、OCRを始動、動作させる。(図8)
- 母線電源側に設けた電圧調整器によって、母線電圧を下げ、UVRを始動、動作させる。(図9)
- 零相変流器(ZCT)に別電源による微小な電流(模擬地絡電流)を流し(図10, 図11)、GRを始動、動作させる。
- 負荷装置により、LBSおよびPCに過電流を流し、ヒューズを溶断する。
- 負荷力率を変動させることによって、APFCの自動投入、自動解列を行う。

5. まとめ

本稿では、高圧受変電設備の保守点検技術の養成に供する、実習教材の制作について報告した。制作した結果、目標とした3つのコンセプトを達成した教材を制作することができた。今後は、テキストの作成と訓練効果の検証を行う。

参考文献

- 「内線規程」, JEAC8001-2016, 日本電気協会
「高圧受変電設備規定」, JEAC 8011-2020, 日本電気協会
「家用電気工作物保安管理規定」, JEAC 8021-2018

