

SACLA-BL1 アンジュレータ制御システムの改修 MODIFICATION OF SACLA-BL1 UNDULATOR CONTROL SYSTEM

黒木教平^{#, A)}, 吉永和矢^{A)}, 北村全伸^{A)}, 仲谷光司^{A)}
Kazutoshi Kurogi^{#, A)}, Kazuya Yoshinaga^{A)}, Masanobu Kitamura^{A)}, Koji Nakatani^{A)}
^{A)} Hitachizosen

Abstract

In this paper, it is shown for the modification of the main control system for the undulator used in SPring-8 Compact SASE-FEL Source (SCSS) of the test accelerator of the relocation plan to the beam line BL1 of the XFEL(X-ray Free Electron Laser: SACLA) facility of RIKEN. Major modification in relocation, 1-axis drive motor was changed to 2-axis simultaneous driving. In addition, the soft limit function was added, and the backlash function was also modified. Operation test of the modifications control system was carried out with a good result.

1. はじめに

X線自由電子レーザー XFEL (X-ray Free Electron Laser) におけるアンジュレータとは、永久磁石 (Figure 1) が生成する周期的な磁場を利用し、入射する電子を蛇行させ、高エネルギー電子ビームから X線レーザーを取り出すための装置である^[1]。

独立行政法人理化学研究所の XFEL 施設 SACLA (SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser) で使用されているアンジュレータ駆動架台の基本構造として、電子レーザーが実際に通過する真空槽の上部および下部に磁石列を配置している。磁石列はボールねじのナット部に取り付けているため、ボールねじをモータにて回転させることで、磁石列が上下に動作する。また、モータシャフト部にはモータの回転角を測定するロータリエンコーダが取り付けられており、磁石列の位置を測定することが可能である。

電子を蛇行させる磁場は、上下磁石列間の距離 (ギャップ) に強く依存する。従って、磁石列を正確に目標位置へ移動を行うための制御システムが不可欠である。

本発表では、主に SACLA のビームライン BL1 に移設予定の SCSS(SPring-8 Compact SASE-FEL Source) 試験加速器で用いられたアンジュレータ (以下、BL1 アンジュレータと記す Figure 2) を対象とした主な制御システムの改修について示す。2 章ではアンジュレータ制御システムの概要、3 章ではアンジュレータ移設に伴う制御システムの改修について示す。4 章では改修後の結果について示す。

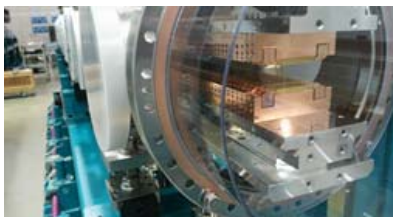


Figure 1: Permanent magnet.

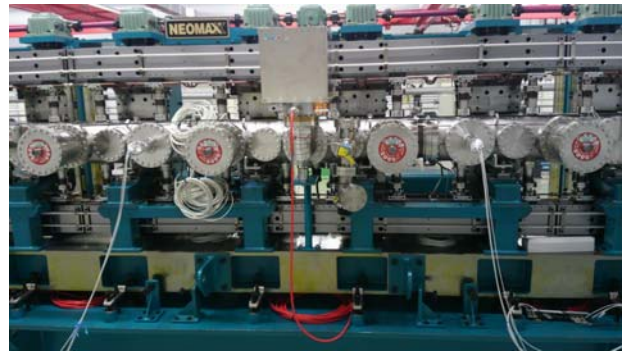


Figure 2: Controlled object undulator.

2. アンジュレータ制御システムの概要

アンジュレータ制御システムの構成を Figure 3 に示す。アンジュレータ制御には制御プログラムをインストールした専用 PLC ユニット (PLC-ID) を使用する。PLC-ID はステッピングモータをコントロールするモータドライバと DeviceNet ケーブルにて接続している。PLC-ID からステッピングモータ駆動のパルス指令をモータドライバへ送信することで、指定分の駆動を行い、磁石列の目標位置移動が可能である。用途によって、絶対値移動、相対値移動の選択が可能である。また、モータドライバからのレゾルバ信号を受信することで磁石列の現在値を把握することができる。

アンジュレータ操作やモータドライバから取得する情報は、PLC-ID と Ethernet にて接続するタッチパネルで操作および表示する。PLC-ID がローカルモードの場合、主として現在のギャップ幅および上下磁石列の中心軸高さ位置情報、ギャップ幅および中心軸高さの変更、アラームステータスをタッチパネルで操作および監視が可能である。タッチパネルの操作画面のイメージを Figure 4 に示す。PLC-ID がリモートモードの場合、FL-net 通信により、上位か

[#] kurogi@hitachizosen.co.jp

ら位置変更操作および状態監視が可能である。

アンジュレータ本体には磁石列の位置変更操作において、他機器との干渉に伴う破損防止のために、リミットスイッチを設置している。モータ正回転方向および逆回転方向のそれぞれリミットスイッチが押されると、モータドライバがリミット信号を検出しモータ駆動を停止する。以後、リミット信号検出に伴って発報したアラームをリセットしない限り、モータ駆動を行うことができない。リミット信号情報については、タッチパネルのステータス画面にて確認することが可能である。

なお、1 台の PLC-ID につき、アンジュレータ架台用モータドライバ 2 台(1 台につき 2 チャンネルを有する)、位相器用モータドライバ 1 台の制御が可能である。

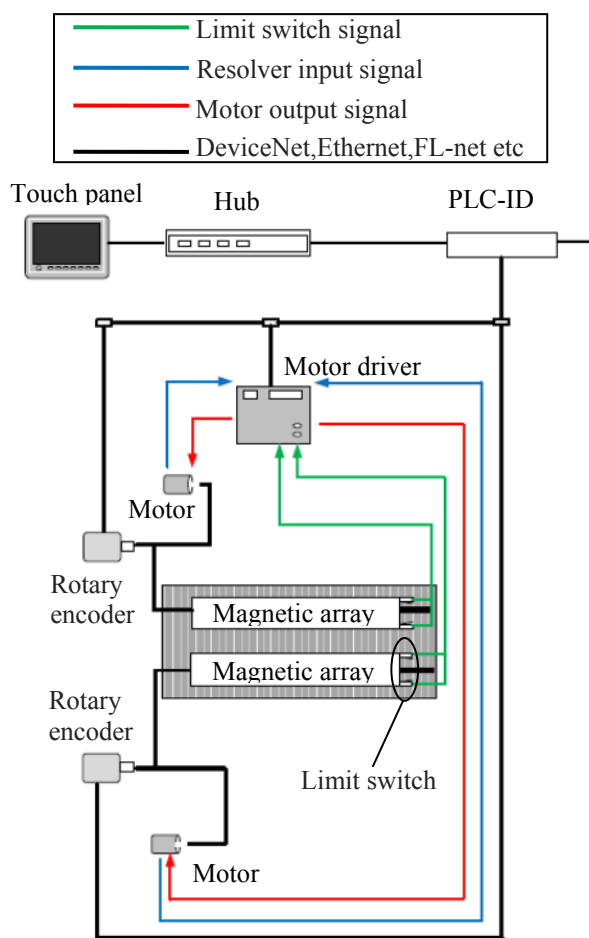


Figure 3: Controlled object undulator.



Figure 4: Operation screen.

3. アンジュレータ制御システムの改修

BL1 アンジュレータの SACLA ビームラインへの移設にあたり、本アンジュレータの特異なシステム構成や制御機能増強の要件を満たすため、主として以下の改修を行った。

- モータの 2 軸同時駆動

BL1 アンジュレータは、既設の BL3 で使用されているアンジュレータとシステム構成が異なる。Table 1 は、BL3 および BL1 アンジュレータの磁石列動作に使用するモータの構成表である。BL3 アンジュレータは、ギャップ操作を行うモータおよび中心軸高さ操作を行うモータを有する。従って、BL3 磁石列操作は 1 軸のモータ駆動のみである。

これに対し、BL1 アンジュレータは、上部磁石列操作を行うモータおよび下部磁石列操作を行うモータを有する。既存の制御システムでは 1 軸のモータ駆動のみ行うため、ギャップ操作や中心軸高さ操作を行うことができない。従って、2 軸のモータを同時駆動が可能となるように制御システムの改修を行った。

ギャップ操作は Figure 5 に示すイメージ図のように行う。上下の磁石列は、反対方向に同じ距離を移動する。これにより、中心軸高さを変えことなくギャップを操作することができる。ギャップ幅は(1)式から算出し、タッチパネル上に表示する。

$$W = T - B \quad (1)$$

ここで、 W はギャップ幅、 T は上側ロータリエンコーダで読み取る上側磁石列の現在位置、 B は下側ロータリエンコーダで読み取る下側磁石列の現在位置とする。

中心軸高さ操作は Figure 6 に示すイメージ図のように行う。上下の磁石列は、同じ方向に同じ距離を移動する。これにより、ギャップ幅を変えことなく中心軸高さを操作することができる。中心軸高さは(2)式から算出し、タッチパネル上に表示する。

$$M = B + \{(T - B)/2\} \quad (2)$$

ここで、 M は中心軸高さとする。

- ソフトリミット機能追加
磁石列の位置変更操作において、誤操作等により閾値以上の目標値設定した場合、機器がリミットスイッチを押すまでモータ駆動をすることになる。リミットスイッチによる停止を避けるために、ソフトリミット機能の追加を行った。本機能により、閾値以上の操作設定の場合には、モータを駆動させることなく誤った設定を取り消す。閾値は上下それぞれの磁石列ごとに物理値にて任意に設定することが可能である。
- バックラッシュ回避機能改修
磁石列をより正確に目標位置に移動させる目的で、モータのバックラッシュ回避機能を改修した。上下それぞれの磁石列に対し、モータの正回転または逆回転のいずれか一方をバックラッシュ有効方向として指定することができる。指定した方向については、目標位置まで移動した後、更に任意の指定量だけ移動を続け、その後、目標位置に戻る動作を行う。指定していない回転方向については、目標位置までの移動のみを行う。

Table 1: Configuration of the Motor

Undulator type	BL3 undulator	BL1 undulator
Axis 1	Gap	Top magnet array
Axis 2	Height	Bottom magnet array

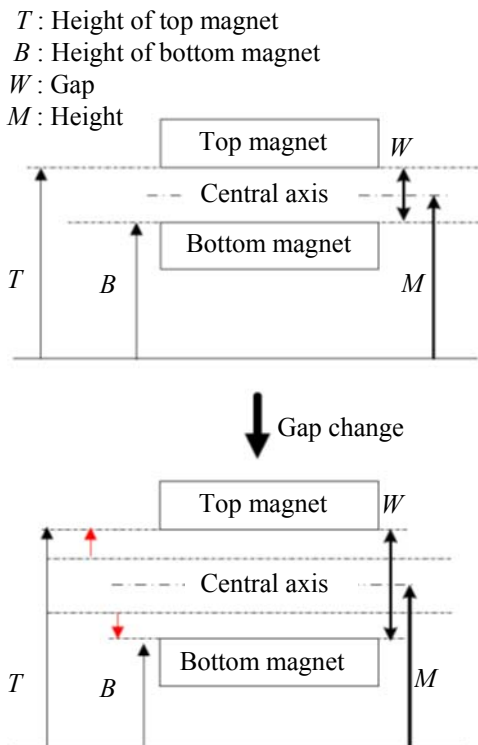


Figure 5: Gap operation.

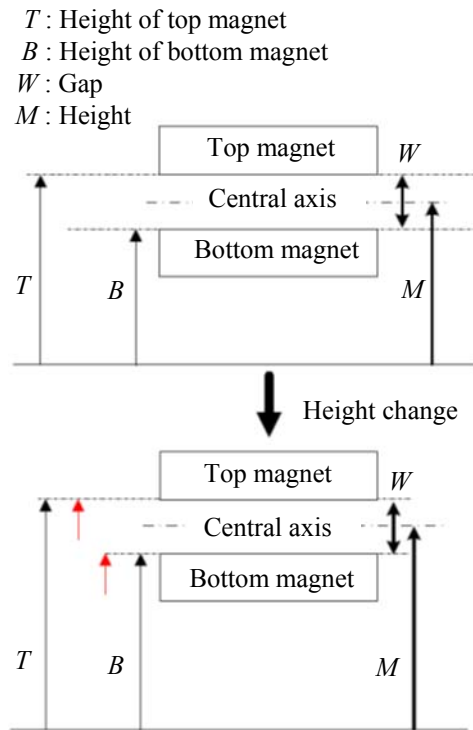


Figure 6: Height operation.

4. 制御システムの改修後の結果

2章で示した既存制御システムおよび3章で示した改修制御システムは独立行政法人理化学研究所内の施設にて、実機アンジュレータを用いて動作試験を行った。

試験内容としては、磁石列の移動操作、各ロータリエンコーダの読み取り値から算出する現在位置表示の確認、リミットスイッチ押下およびソフトリミット信号によるモータの停止確認を行った。

結果として、全ての機能において良好な結果を得ることができた。

また、ソフトリミットの機能については、既存のBL3アンジュレータ、新設のBL2アンジュレータ制御にも導入を予定している。

参考文献

- [1] T.Tanaka, “高エネルギー加速器セミナーOHO’13”, 2013.
URL : http://accwww2.kek.jp/oho/OHOTxt/OHO-2013/03_tanaka_takashi_2_20130710.pdf