

СОФТУЕРЕН PLC МОДУЛ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНИ СИСТЕМИ ЗА РЕАЛИЗИРАНЕ НА ГЪРБИЧЕН ЗАКОН НА ДВИЖЕНИЕ

SOFTWARE PLC MODULE FOR ELECTROMECHANICAL SYSTEMS CONTROL ABOUT IMPLEMENTATION OF CAM LAW OF MOVEMENT

инж. Мариян Няголов

ТУ-Габрово, Катедра “Автоматика, информационна и управляваща техника”

д-р инж. Борислав Стоянов

ТУ-Габрово, Катедра “Текстилна техника и технологии”

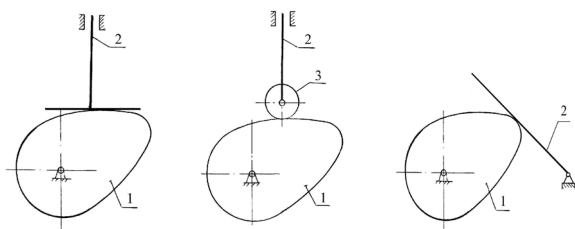
Abstract

The study examines the possibility of replacing the cam mechanisms in machines with electromechanical devices. The latter can be simulated with software PLC control module and implemented through high torque servomotors. Presented is the principal work of tabular interpolator with different ways for describing the law of motion and input-output parameters for management.

Keywords: PLC, software PLC module, electromechanical device, replacement of the cam mechanism

ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременните производствено-технологични машини се изпълняват сложни технологични процеси. Много операции от тях трябва да се осъществяват, чрез сложни закони на движение на работните им органи. Възпроизвеждането на тези закони се извършва най-лесно чрез гърбични механизми – фиг.1.



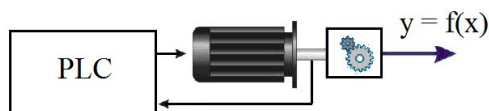
Фиг. 1. Типови гърбични механизми

Гърбичните механизми, подобно на другите видове механизми служат за преобразуване на един вид движение на задвижващото звено, изменящо се по определен закон, в друг вид движение – на изпълнителното звено, като едновременно с това преобразуват предаваните силови параметри (сили, моменти) [1,2].

Съществените недостатъци на тези механизми са следните:

- изработването на работния профил е сложна технологична операция;
- износване на триещите се повърхнини;
- пластичните деформации в контурната двоица ги прави неподходящи за пренасяне на големи сили;
- необходимо е да се затварят елементите на контурната двоица - силово (влагане на пружина, противотежест, хидравлично или пневматично) или геометрично (изработване на специална конструкция на гърбицата или на изпълнителното звено);
- при нужда от промяна на закона на движение е необходимо да бъде сменян гърбичния елемент с нов.

Целта на разработката е да демонстрира възможност за замяна на класическите гърбични механизми, като механичен конструктивен елемент присъстващ в машините, със електромеханична сервосистема управлявана от софтуерен PLC модул. Схема на предложената постановката е показана на фиг.2.



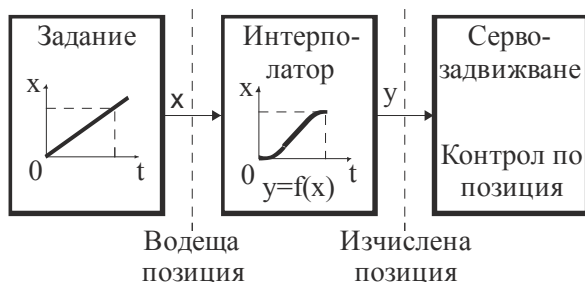
Фиг. 2. Електромеханична сервосистема управлявана от софтуерен PLC модул

Тя се състои от софтуерен PLC модул (функционален блок), серво-задвижване и механичен модул за трансформиране на движението. Главно предимство на тази конструкция, е че задвижващият модул може да бъде куплиран директно към изпълнителното звено на механизма, поради неговата компактност.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изпълнението на сложни профили от съвременните серво-задвижвания е една често поставяна приложна задача. За целта обаче е необходим подходящ интерполатор, който да генерира позицията като задание за серво-задвижването, което от своя страна се намира в режим на управление по позиция. Тук ще бъде разгледан разработен табличен интерполатор на фирма АМК-ЕООД, реализиран под формата на библиотечен модул за програмируем логически контролер (PLC).

Принципът на действие на интерполатора е показан на фиг.3. Целта е на изхода на интерполатора да се получи позиция, съответстваща на друга позиция, наречена водеща, съгласно закон, описан в табличен вид.



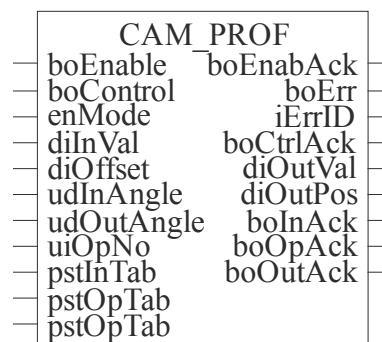
Фиг. 3. Принцип на работа на табличния интерполатор

Заданието към интерполатора се получава по един от следните начини:

- от актуалната позиция на двигател на серво-задвижване;

- от актуалната позиция, получена от енкодер, куплиран към някакво водещо движение;
- виртуален (фиктивен) генератор на задание.

Интерполаторът от своя страна, въз основа на данни, зададени в табличен вид, интерполира позиция, която се подава на серво-задвижването за изпълнение. Библиотечният модул CAM_PROF (CAM profile interpolator) има множество входни и изходни променливи за да реализира различни режими и да удовлетвори множеството изисквания, налагани от практиката. Неговото представяне чрез програмния език Function Block Diagram (FBD), специфициран от стандарт [5,6], е показано на фиг.4.



Фиг. 4. CAM_PROF, представен чрез FBD

Променливите, използвани във библиотечния модул, могат да се разделят на входни (от ляво) и изходни (от дясно) и имат следния смисъл:

Входни променливи:

- boEnable – разрешаване / забраняване на интерполатора;
- boControl – управление на интерполатора; използва се при някои от режимите на работа, които се избират чрез enMode за куплиране към / разкуплиране от водещата позиция (заданието).
- enMode – режим на работа:
 - CAM_PROF_CONT – постоянна интерполация без куплиране и разкуплиране (входната променлива boControl не се използва);
 - CAM_PROF_PIN_POUT – куплиране при boControl = TRUE и разкуплиране при boControl = FALSE;

- CAM_PROF_START_STOP – куплиране при boControl = TRUE и разкуплиране при отработване на определен брой таблици, зададени чрез входната променлива uiOpNo;
- CAM_PROF_IM_START_STOP – като предходния режим, но с незабавно (несинхронизирано) куплиране;
- CAM_PROF_..._R – всички изброени режими имат и релативен вариант. Интерполаторът стартира директно от текущата позиция (xact/yact).
- diInVal – водеща позиция (задание за интерполатора) [inc];
- diOffset – задаване на отместване на интерполираната спрямо водещата позиция [inc];
- udInAngle – максимално допустим ъгъл, при който може да се извърши куплиране [inc];
- udOutAngle – максимално допустим ъгъл при който може да се извърши разкуплиране [inc];
- uiOpNo – брой таблици за изпълнение при режимите CAM_PROF_START_STOP(_R) и CAM_PROF_IM_START_STOP(_R);
- pstInTab – указател (поинтер) към куплираща таблица;
- pstOpTab – указател (поинтер) към работна таблица;
- pstOutTab – указател (поинтер) към изходна таблица.

Изходни променливи:

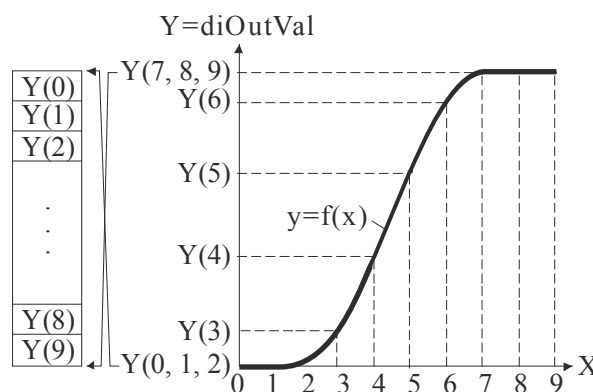
- boEnabAck – потвърждение на boEnable;
- boErr – флаг за грешка;
- iErrID – код на грешката или предупреждението – ако boErr = TRUE - фатална грешка, ако boErr = FALSE – предупреждение;
- boCtrlAck – потвърждение на boControl;
- diOutVal – изчислена (интерполирана) позиция (y), която е абсолютна спрямо началото на интерполацията [inc];
- diOutPos – изчислена (интерполирана) позиция в рамките на текущата таблица [inc];

- boInAck – флаг за излизане от куплиращата таблица;
- boOpAck – флаг за излизане от работната таблица;
- boOutAck – флаг за излизане от разкуплиращата таблица.

Разглежданият табличен интерполатор поддържа 3 различни типа таблици:

- Y-таблица – задават се само у-координатите на точките, а х-координатите са еквилидистантни и се изчисляват, интерполацията между точките е линейна;
- XY-таблица – задават се както х, така и у-координатите на точките, интерполацията между точките е линейна;
- XYVA-таблица – таблицата се описва чрез коефициентите на полином от 5-ти ред.

Принципът на действие на интерполатора при използване на Y-таблица е показан на фиг.5.

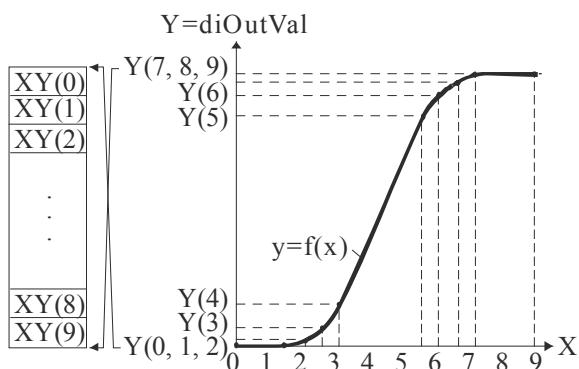


Фиг. 5. Принцип на действие при интерполация по Y-таблица

Y-таблиците имат възможност да приемат голямо количество информация, тъй като в тях се задава само у-стойност, освен това те са лесни за проследяване поради простата им структура. Наред с изброените предимства, те имат и един основен недостатък – не може да се контролира концентрацията на точки в зависимост от профила на зададената крива, тъй като х-координатите на точките са еквилидистантни. Например един линеен участък е напълно достатъчно да се опише с 2 точки, но в общия случай това няма да е така при използване на Y-таблица.

Принципът на действие на интерполатора при използване на XY-таблица е показан на фиг.6.

XY-таблиците са подходящи за описване на по-сложни криви, тъй като разстоянието между точките по x може да се променя. Така се избягва излишното натрупване на точки в линейни участъци и се концентрират повече точки в нелинейните участъци.



Фиг. 6. Принцип на действие при интерполация по XY-таблица

XY-таблиците също имат своите недостатъци – намален брой на точките (тъй като количеството памет, заемана от XY-таблицата е същото като при Y-таблицата, но точките са два пъти по-малко заради задаването на пълните координати) и трудно проследяване на стойностите, поради усложнената структура.

Параметрите на XYVA-таблиците се определят по-трудно. Те не са подходящи за ръчно генериране. За тази цел се използва вграден в CoDeSys редактор на криви линии, наречен CAM Editor [4]. Тъй като този редактор е разработен от фирмата разработчик на развойната среда CoDeSys – фирма 3S GmbH, той създава несъвместими за библиотечния модул CAM_PROF таблици. Този проблем е решен чрез разработването на конвертор, който адаптира генерираните със съвместими с библиотечния модул таблици.

XYVA-таблиците имат едно основно предимство пред останалите типове таблици – те описват най-точно желаната крива, тъй като се прави интерполация чрез полином от 5-ти ред.

За задание към интерполатора най-често се използва универсален генератор на скорост VGEN_AJ.

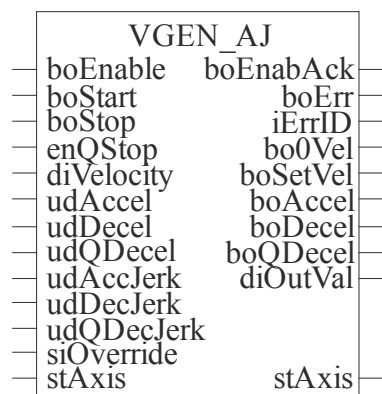
Той представлява библиотечен модул (интерполатор), който изчислява позиция, която се увеличава постоянно, за да се поддържа необходимата скорост на въртене на електромотора. Така серво-задвижването може да си остане в режим контрол по позиция.

Модула VGEN_AJ изчислява заданието по позиция за серво-задвижването, като гарантират точно зададена скорост на въртене на серво-двигателя.

Както се вижда от името на библиотечния модул (аббревиатурата AJ произлиза от Acceleration и Jerk), той генерира (интерполира) скорост с дефинирани от потребителя ускорение и тласък. Библиотечния модул позволява:

- генериране на нарастваща позиция, съгласно скоростта, зададена чрез входна променлива;
- задаване на отделни стойности за ускорение при достигане на скорост и при спиране (достигане на скорост 0);
- бързо (аварийно) спиране със специална, отделна стойност за ускорението (обикновено по-голяма от останалите);
- задаване на независими стойности за тласъка на всяко едно от споменатите ускорения;
- промяна на параметрите по време на движение.

На фиг.7. е показан функционален блок VGEN_AJ, представен чрез езика за програмиране FBD, съгласно стандарта IEC61131-3.



Фиг. 7. Функционален блок VGEN_AJ, представен чрез FBD

Променливите, използвани във функционалния блок, могат да се разделят на входни (от ляво), изходни (от дясно) и входно-изходни и имат следния смисъл:

Входни променливи:

- boEnable – разрешаване / забраняване на интерполатора;
- boStart – управление на интерполатора – генериране на ускорителна фаза с параметри, зададени чрез udAccel и udAccJerk до достигане на зададената скорост;
- boStop – управление на интерполатора – генериране на фаза на спиране (достигане на нулева скорост) с параметри, зададени чрез udDecel и udDecJerk;
- boQStop – управление на интерполатора – генериране на непрекъсваема, бърза фаза на спиране с параметри, зададени чрез udQDecel и udQDecJerk;
- diVelocity – зададена скорост (интервал: $-3 \div 3$ [108 inc/s]);
- udAccel – ускорение при достигане на зададената скорост (интервала: $-4 \div 4$ [109 inc/s²]);
- udDecel – забавяне при спиране (достигане на нулева скорост) (интервал: $-4 \div 4$ [109 inc/s²]);
- udQDecel – бързо забавяне при спиране (аварийно) (интервал: $-4 \div 4$ [109 inc/s²]);
- udAccJerk – тласък на ускорението (интервал: $-4 \div 4$ [109 inc/s²]);
- udDecJerk – тласък на забавянето (интервал: $-4 \div 4$ [109 inc/s²]);
- udQDecJerk – тласък на бързото забавяне при спиране (аварийно) (интервал: $-4 \div 4$ [109 inc/s²]);
- siOverride – процентна промяна на скоростта (интервал: $-100 \div 100\%$).

Изходни променливи:

- boEnabAck – потвърждение на boEnable;
- boErr – флаг за грешка;
- iErrID – код на грешката или предупреждението – ако boErr = TRUE - фатална грешка, ако boErr = FALSE – предупреждение;
- boDone – флаг за край на интерполацията (достигната позиция);
- bo0Vel – флаг за нулева скорост;
- boSetVel – флаг за достигната зададена скорост;

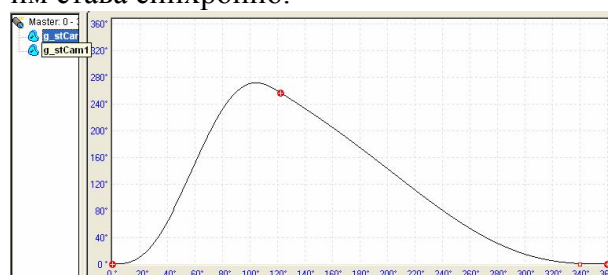
- boAccel – флаг за отработване на фаза на ускорение;
- boDecel – флаг за отработване на фаза на забавяне при спиране;
- boQDecel – флаг за отработване на фаза на бързо (аварийно) спиране;
- diOutVal – изчислена (интерполирана) позиция, която е абсолютна спрямо началото на интерполацията [inc].

Входно-изходни променливи:

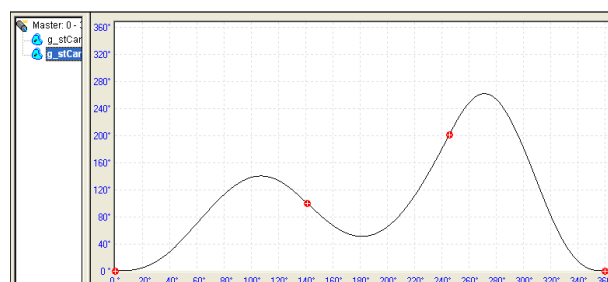
- stAxis – структура от тип ST_AXIS, която представлява интерфейс към серво-завдвижването. Повече информация за нея може да се получи от официална фирмена документация [3].

За да се провери дали модулът CAM_PROF отговаря на изискванията е проведено изследване. За целта е написана тестова програма, която извиква модула със следните входни параметри:

- разделителна способност на енкодера – 65536inc;
- цикъл на позиционния контролер (PGT-прекъсване) – 1ms;
- на входа diInVal се подава задание от генератор на скорост, при зададена скорост 50rpm;
- enMode = CAM_PROF_CONT;
- използват се две таблици, които са генерирани чрез графичния редактор на CoDeSys – първата е XY (фиг.8), а втората – Y-таблица (фиг.9), като превключването им става синхронно.

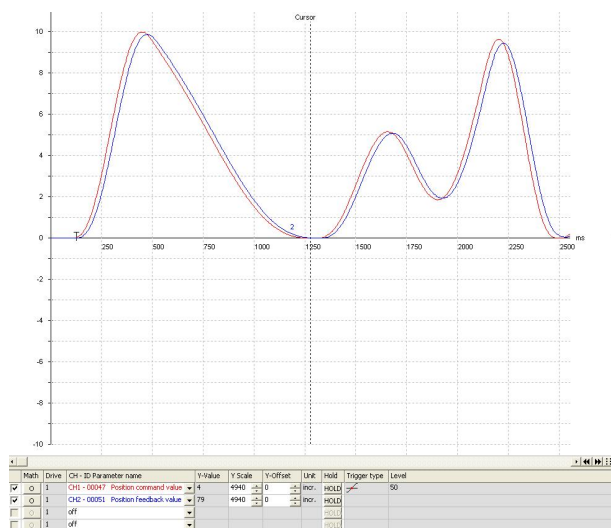


Фиг. 8. XY таблица



Фиг. 9. Y таблица

На фиг.10 е показано как се изменя зададената и актуалната скорост. Измерванията са направени с помощта на вградените в серво-задвижването осцилоскоп-функции и чрез специализирания PC софтуер за параметризиране и диагностика на сервозадвижвания на фирма АМК, наречен АІРЕХ.



Фиг. 10. Изследване поведението на библиотечния модул CAM_PROF

От фигурата се вижда, че интерполаторът точно изпълнява зададените таблици. Вижда се също така, че алгоритъмът за синхронна смяна на таблиците работи коректно. От изследването получаваме и допълнителна информация за работата на серво-задвижването. Очевидно е, че има известно изоставане на актуалната позиция спрямо зададената. Има възможност за по-добра настройка на работата му. Това може да се постигне като се подобрят настройките на

регулаторите и като се включи механизмът за компенсация на грешката от следването.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеният табличен интерполатор е в състояние да гарантира много надеждна и точна работа на серво-задвижването, при реализиране на гърбичен закон на движение на механична система. Правилният подбор на сервоелектродвигател и предавателен механизъм ще обезпечи изпълнението на таблично зададените координати на изпълнявания профил. Като предимства на тази реализация може да се формулират следните заключения:

- отпада изработването на сложен технологичен детайл - гърбица;
- намалява се броят на елементите на механичната конструкция;
- създава се гъвкавост на управлението при задаване на нов закон за движение;
- съкращаване времето за пренастройка.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Константинов М.С., Теория на механизмите и машините, София, Техника, 1980г.
- [2] Минчев Н.И., Теория на механизмите и машините, София, Техника, 1991г.
- [3] АМК, АМКАСYN PLC Programming (IEC 61131-3) АМК Library, 2007.
- [4] CoDeSys V2.3 Suite, www.3s-software.com/index.shtml?en_V23_en
- [5] IEC61131-3 Programming languages for Programmable logic controllers.
- [6] Overview of the IEC 61131 Standard, [library.abb.com/global/scot/scot267.nsf/veritydisplay/95c0dd2588fe299b852575060077296b/\\$File/2101127.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot267.nsf/veritydisplay/95c0dd2588fe299b852575060077296b/$File/2101127.pdf)