



PA – Software

ART

PA 8000

Ausgabe

1.00

Software Revision

1.9

Copyright

PA

IRRRTUM UND TECHNISCHE ÄNDERUNGEN VORBEHALTEN

Inhalt

1 Funktionsbeschreibung ART	1
1.1 Erweiterte Regeltechnik.....	1
1.2 Programmierung von ART.....	2
1.3 ART einstellen	5
1.3.1 Allgemein	5
1.3.2 Ausgangsspannung bei Eilgang	5
1.3.3 Driftausgleich	6
1.3.4 Richtungsabhängiger KV-Faktor	6
1.3.5 Optimierung der Geschwindigkeitsfaktoren	7
1.3.6 Optimierung der Beschleunigungsfaktoren	9
1.3.7 Optimierung der ART-Faktoren für Beschleunigungsänderungen	12
1.3.8 Befehlsfilter	13
1.3.9 Reduzierung des KV-Faktors von ART	15
1.3.10 Maschinenparameter	17

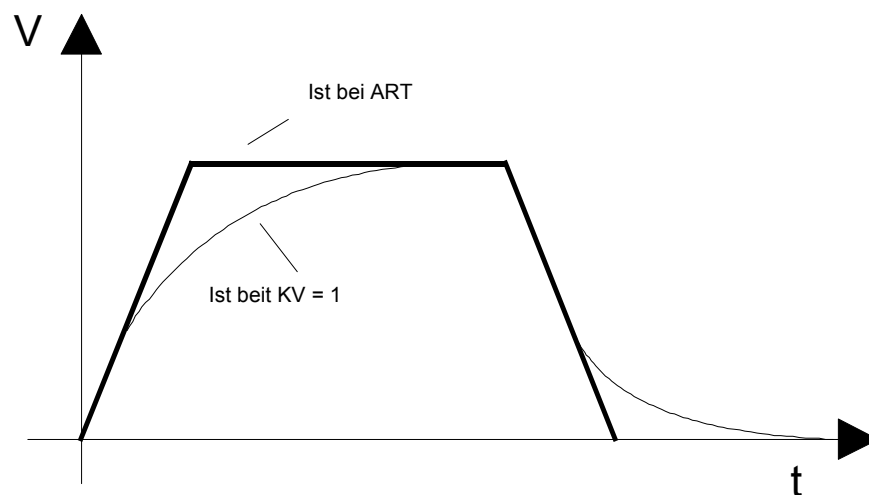
1 Funktionsbeschreibung ART

1.1 Erweiterte Regeltechnik

Das Ziel von ART (Advanced Regulation Technology) ist es, die aus der Achsenregelung resultierenden Nachläufe (die Nachläufe der Achsen resultiert aus Bahnungenauigkeiten) zu eliminieren.

Als Ergebnis der Programmierung von ART folgen die Achsen exakt der programmierten Bahn und die Istbeschleunigung der Achsen wird auf die Sollbeschleunigung eingestellt.

Diese Wirkung wird in der nachstehenden Abbildung gezeigt:



In der Positionsschleife wird eine Korrektur der Regelgröße in Abhängigkeit von Geschwindigkeit, Beschleunigung und Beschleunigungsänderung aufgenommen.

ART benötigt daher für jede Achse Korrekturfaktoren für

Geschwindigkeit

Beschleunigung

Beschleunigungsänderung

Alle antriebsabhängigen Faktoren werden weitestgehend automatisch optimiert.

Aus den beim Optimierungsprozess ermittelten optimalen Faktoren für "Null Nachlauf" können sich unelastische Bewegungen der Achse ergeben. Im schlimmsten Fall treten bei einem digitalisierten Programm Schwingungen der Maschine auf. Zusammen mit ART muss daher der 'Befehlsfilter' aktiviert werden.

1.2 Programmierung von ART

ART kann auf zwei Arten aktiviert werden: In einem Programmsatz oder indem Parameter in der momentan benutzten Maschinenparameterdatei eingestellt werden.

Über einen Programmsatz kann ART innerhalb eines Programms wie folgt aktiviert oder neu definiert werden:

N..	...	
N..	G160	X1 Y1 Z1
N..	...	

In diesem Fall ist ART in den nachfolgenden Bewegungssätzen genau für die Achsen X, Y und Z aktiv.

Mit dem Satz:

N..	G160	(* ohne Angabe der Achse *)
-----	------	-----------------------------

wird ART für alle Achsen deaktiviert.

Hinweis:

Mit M30 oder CTRL RESET wird ART auf den Standardwert eingestellt (definiert durch die Maschinenparameter).

ART kann auch über die Einstellung von Maschinenparametern aktiviert werden. Der Maschinenparameter ZerolagActiveAxisAppl ist ein bitstrukturiertes Register, mit dem ART selektiv für die einzelnen Achsen aktiviert wird. Jedes Bit ist mit einer Achse verknüpft (Achse 0 ist mit Bit 1 verknüpft, Achse 1 mit Bit 2, usw.). ART wird für eine Achse aktiviert, wenn das zugehörige Bit auf "1" gesetzt wird. Diese Einstellung ist ein Standardwert der solange aktiv ist, bis er im Programm von einem G160 überschrieben wird. Die Standardeinstellung aus den Maschinenparametern wird auch aktiv bei CTRL-RESET oder wenn das Programmende erkannt wird (M30).

Die Aktivierung des Befehlsfilters ist ebenfalls möglich entweder innerhalb eines Programmsatzes oder indem Parameter in der momentan benutzten Maschinenparameterdatei eingestellt werden.

Der Befehlsfilter wird durch folgende Programmierung aktiviert oder neu definiert:

```
N..      | G165      | Fx
```

Durch G165 wird der Filter für alle NC-Achsen aktiviert, nicht nur für die an ART beteiligten Achsen. Über die Adresse F kann die gewünschte Grenzfrequenz für den Befehlsfilter angegeben werden.

Die Deaktivierung des Befehlsfilters erfolgt über den G-Code G166 ohne weitere Befehle im folgenden Format:

```
N..      | G166      |
```

Hinweis:

Mit M30 oder CTRL RESET wird der Filter auf den Standardwert eingestellt (definiert durch einen Maschinenparameter).

Der Befehlsfilter kann auch aktiviert werden, indem der Maschinenparameter `ZerolagFilterActiveAppl` auf einen von Null verschiedenen Wert gesetzt wird. In diesem Fall wird die Grenzfrequenz für den Befehlsfilter aus dem Maschinenparameter `ZerolagFilterOmegaC` genommen (Hinweis: Der Filter wird nicht aktiviert, wenn `ZerolagFilterOmegaC` gleich Null ist). Der Filter kann innerhalb eines Programmsatzes deaktiviert oder neu definiert (Einstellung einer neuen Grenzfrequenz) werden. Die Standardeinstellungen aus den Maschinenparametern werden über CTRL-RESET oder am Programmende aufgerufen.

1.3 ART einstellen

1.3.1 Allgemein

Die folgenden Einstellschritte müssen durchgeführt werden, ehe ART aktiviert werden kann.

Hinweis:

Der Einstellvorgang muss in der in diesem Handbuch beschriebenen Reihenfolge durchgeführt werden. Der Erfolg der einzelnen Operationen hängt stark von den vorhergegangenen Optimierungsschritten ab.

1.3.2 Ausgangsspannung bei Eilgang

Alle im Maschinenparameter in

AxisSpeedMaxAppl

eingestellten Geschwindigkeiten müssen sich auf eine Ausgangsspannung von 8 V (Standard) beziehen. Ist dies nicht der Fall, muss der Maschinenparameter

SvaxisMaxApplVolt

für alle Achsen angepasst werden: SvaxisMaxApplVolt muss auf die Ausgangsspannung eingestellt werden, bei der AxisSpeedMaxAppl durchgeführt wird.

Hinweis:

Antriebe mit digitaler Schnittstelle (wie zum Beispiel Sercos) müssen so eingestellt werden, dass dieser Schritt der Inbetriebnahme von ART nicht erforderlich ist.

1.3.3 Driftausgleich

Ehe die Kompensationsfaktoren von ART gelernt werden können muss sichergestellt sein, dass für die Achsen kein Driftoffset aktiv ist. Bei stillstehenden Achsen muss der in der Laganzeige sichtbare Ausgangswert bei Null liegen.

Ist dies nicht der Fall, muss der Driftausgleich für die Achsen mit Driftoffset aktiviert werden.

Hinweis:

Antriebe mit digitaler Schnittstelle (wie zum Beispiel Sercos) besitzen keine Drift.

1.3.4 Richtungsabhängiger KV-Faktor

Damit ART exakt funktioniert müssen vor der Optimierung von ART die KV-Faktoren der einzelnen Achsen unbedingt in Richtung "+" und "-" gleich gesetzt werden.

Dies ist möglich mit dem Maschinenparameter

GainBreakFactorNeg.

Hinweis:

Antriebe mit digitaler Schnittstelle (wie zum Beispiel Sercos) besitzen immer einen richtungsunabhängigen KV-Faktor.

1.3.5 Optimierung der Geschwindigkeitsfaktoren

Hierfür muss ein Programm mit allen an ART beteiligten Achsen wie folgt durchgeführt werden:

N10	G160	X1	Y1	Z1
N20	G161			
*N30	P1 = 5			
N40	X+100	Y+100	Z+100	F5000
N50	X0	Y0	Z0	
*N60	P1 = P1 - 1, IF P1 >0 GO40			
N70	G162			
N80	M30			

In diesem Beispiel wird die Lernfunktion mit G161 aktiviert. Für die einzelnen Achsen werden die Anfangswerte für die in den darauffolgenden Bewegungssätzen zur Optimierung verwendeten Null-Nachlauffaktoren aus den Maschinenparametern berechnet.

ART wird mit G160 aktiviert. Die Achsen, für die die Null-Nachlauffaktoren optimiert werden müssen (im Beispiel die X-, Y- und Z-Achse), werden ausgewählt. Die Vorschubgeschwindigkeit muss so eingestellt werden, dass die Achsen mit ihrer halben Maximal-Vorschubgeschwindigkeit verfahren werden.

Bei der Programmausführung werden die ART-Faktoren der Geschwindigkeit für die X-, Y- und Z-Achse automatisch optimiert. In der Anzeige geht der Nachlauf für die entsprechenden Achsen hin zu kleineren Werten und schwankt letztlich um Null (Laganzeige aktiv). Während der Achsbewegung steht die KV-Anzeige auf dem Wert 100.

Überprüfen Sie die vorhergegangenen Einstellungsschritte, wenn der Nachlauf nicht auf Null geht.

Hinweis:

Die automatische Korrektur der Null-Nachlauffaktoren muss nach den vorhergegangenen Schritten eliminiert sein. Dies wird durch Programmierung von G162 erreicht. Wahlweise kann dies automatisch bei CTRL RESET durchgeführt werden.

Wird nach Abschluss des Lernprozesses erneut G161 programmiert, dann werden die zuvor ermittelten 'optimalen' Werte mit den Grundfaktoren überschrieben. Dies bedeutet, dass der Lernvorgang vollständig wiederholt werden muss.

Ausnahme

Für die Achsen des elektronischen Getriebes sollte die automatische Korrektur der Null-Nachlauffaktoren nicht eliminiert werden. Dies bedeutet, dass die Lernfunktion in diesem Fall aktiviert werden muss. Damit dies möglich ist muss die Voreinstellung so sein, dass die Anpassung bei CTRL RESET nicht deaktiviert wird.

1.3.6 Optimierung der Beschleunigungsfaktoren

Nachdem die Geschwindigkeitsfaktoren bestimmt wurden, können im zweiten Schritt die ART-Beschleunigungsfaktoren optimiert werden.

Diese Faktoren sollen den Nachlauf bei einer Bewegung mit konstanter Beschleunigung minimieren. Zur Anpassung dieser Faktoren muss daher ein Lernprogramm verwendet werden, das die Achsen beim Verfahren beschleunigt. Dies kann einfach durch das mehrmalige Durchfahren eines Kreises erfolgen.

N10	G1	X0	Y0	F5000
N20	G9			(* Look-Ahead *)
N30	G160	X1	Y1	(* Aktivierung von ART *)
N40	G163			(* Lernfunktion einschalten *)
N50	G20	I1	J2	(* Ebenendefinition *)
N60	Q11	L20		(* Unterprogrammaufruf *)
N70	G162			(* Lernfunktion ausschalten *)
N80	M30			

Das Unterprogramm Q11 hat darin das folgende Format:

N10	G2	I30	M30	(* Programmierung eines Kreises *)
-----	----	-----	-----	------------------------------------

Im Programmbeispiel wird der Lernalgorithmus für die Beschleunigungsfaktoren durch G163 aktiviert. Ebenfalls berechnet werden die Ausgangswerte für die Optimierung der Faktoren. Mit der Definition der Ebene (G20) muss die Achsnummer für die X- oder Y-Achse an den Adressen I und J angegeben werden.

Der Nachlauf für die X- und Y-Achse in der Anzeige muss gegen Null gehen. Der KV-Faktor für beide Achsen muss auf den Wert 100 eingestellt werden.

Im vorherigen Lernprogramm werden die Faktoren für die X- und Y-Achse optimiert. Muss dies für andere Achsen durchgeführt werden, dann muss ein entsprechendes Lernprogramm (mit einer entsprechenden Definition der Ebene G20) für diese Achsen ablaufen.

Die zuvor berechneten Werte müssen übernommen werden, wenn der Optimierungsprozess nicht richtig funktioniert (d.h. der Nachlauf geht nicht auf einen Minimalwert). Hierzu gehen Sie durch die Programme bis hin zu dem Satz mit G163, in dem die Werte voreingestellt werden, und unterbrechen dann den Programmablauf.

Hinweis:

Verschiedene Umstände (wie zum Beispiel Linearitätsfehler) können dazu führen, dass der Optimierungsprozess für die Beschleunigungsfaktoren nicht funktioniert. Dies ist bei vielen Maschinen normal und nicht auf Handlings- oder Softwarefehler zurückzuführen. In diesem Fall kann die Einstellung von ART mit der Einstellung der Befehlsfilter fortgesetzt werden. Der Lernprozess für die Faktoren zur Veränderung der Beschleunigung kann in diesem Fall weggelassen werden.

Die Programmierung einer Zirkularinterpolation zwischen den zu optimierenden Achsen stellt eine andere Methode zur Optimierung der Beschleunigungsfaktoren dar.

In diesem Fall hat das Lernprogramm folgendes Format:

N10	G1	X0	Y0	Z0	F5000
N20	G160	X1	Y1	Z1	
N30	G163				
N40	G35	X30	Y30	Z30	E20 F50 M20
N50	M0	(* warten *)			
N60	M21				
N70	G162				
N80	M30				

Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass die Beschleunigungsfaktoren von mehr als zwei Achsen gleichzeitig optimiert werden können (im Beispiel wurde zwar angenommen, dass die ART-Faktoren für die X-, Y- und Z-Achse bestimmt werden müssen, dies kann aber auf einfache Weise auch auf mehr Achsen ausgeweitet werden).

1.3.7 Optimierung der ART-Faktoren für Beschleunigungsänderungen

Der Vorgang, mit dem die ART-Faktoren zur Beschleunigungsänderung bestimmt werden, ist ähnlich dem weiter oben beschriebenen Prozess zur Optimierung der Beschleunigungsfaktoren. Der einzige Unterschied liegt darin, dass das Lernprogramm so verändert wird, dass größere Beschleunigungsänderungen auftreten. Dies wird erreicht, indem der Kreisradius verkleinert wird. Außerdem wird die Lernfunktion mit einem anderen Code (G164) aktiviert. Aus diesem Grund hat das Lernprogramm folgendes Format:

N10	G1	X0	Y0	F5000
N20	G9			(* Look-Ahead *)
N30	G160	X1	Y1	(* Aktivierung von ART *)
N40	G164			(* Lernfunktion einschalten *)
N50	G20	I1	J2	(* Ebenendefinition *)
N60	Q21	L20		(* Unterprogrammaufruf *)
N70	G162			(* Lernfunktion ausschalten *)
N80	M30			

Das Unterprogramm Q21 hat darin das folgende Format:

N10	G2	I30	M30	(* Programmierung eines Kreises *)
-----	----	-----	-----	------------------------------------

Während der Ausführung dieses Lernprogramms muss die Nachlauf der X- und Y-Achse kleiner werden. Sobald dies der Fall ist, kann der Lernprozess mit G162 abgeschlossen werden.

Der Vorgang, mit dem die Faktoren für andere Achsen bestimmt werden, entspricht der bei der Prozedur für die Beschleunigungsfaktoren beschriebenen Methode. Anstelle der Programmierung eines Kreises mit G2 kann für jede Achse eine geeignete Schwingung programmiert werden. Anschließend können die Faktoren für alle beteiligten Achsen gleichzeitig programmiert werden.

1.3.8 Befehlsfilter

Die Aktivierung des Befehlsfilters ist ebenfalls möglich entweder innerhalb eines Programmsatzes oder indem Parameter in der momentan benutzten Maschinenparameterdatei eingestellt werden.

Der Befehlsfilter wird durch folgende Programmierung aktiviert oder neu definiert:

```
N..      | G165      | Fx
```

Durch G165 wird der Filter für alle NC-Achsen aktiviert, nicht nur für die an ART beteiligten Achsen. Über die Adresse F kann die gewünschte Grenzfrequenz für den Befehlsfilter angegeben werden.

Wurde kein F-Code programmiert, dann wird der Standardwert aus dem Maschinenparameter

ZerolagFilterOmegaC

übernommen.

Die Deaktivierung des Befehlsfilters erfolgt über den G-Code G166 ohne weitere Befehle im folgenden Format:

```
N..      | G166
```

Mit M30 oder CTRL RESET wird der Filter auf den Standardwert eingestellt (definiert durch einen Maschinenparameter).

Der Befehlsfilter kann auch aktiviert werden, indem der Maschinenparameter `ZerolagFilterActiveAppl` auf einen von Null verschiedenen Wert gesetzt wird. In diesem Fall wird die Grenzfrequenz für den Befehlsfilter aus dem Maschinenparameter `ZerolagFilterOmegaC` genommen (Hinweis: Der Filter wird nicht aktiviert, wenn `ZerolagFilterOmegaC` gleich Null ist). Der Filter kann innerhalb eines Programmsatzes deaktiviert oder neu definiert (Einstellung einer neuen Grenzfrequenz) werden. Die Standardeinstellungen aus den Maschinenparametern werden über CTRL-RESET oder am Programmende aufgerufen.

Der empfohlene Wert für die Frequenz beträgt:

$$F = 16,66 * KV$$

Hierbei ist KV der KV-Faktor ohne ART. Ist die Bewegung der Achse mit ART und 'Befehlsfilter' immer noch "starr", dann kann die Frequenz selbstverständlich auf geringere Werte eingestellt werden. Dies sollte jedoch nur erfolgen, wenn es tatsächlich notwendig ist.

Hinweis:

Es wird nachdrücklich empfohlen, den KV-Faktor für alle Interpolationsachsen auf den gleichen Wert einzustellen. Daher kann mit einem Filterwert für alle Achsen gearbeitet werden.

1.3.9 Reduzierung des KV-Faktors von ART

Die Reduzierung des KV-Faktors bei aktiver ART ist eine andere Möglichkeit, 'starre Bewegungen' von Achsen zu verhindern. Die Nachlauf der entsprechenden Achse wird dann aber nicht mehr vollständig kompensiert. Diese Funktion sollte daher nur dann eingesetzt werden, wenn der 'Befehlsfilter' nicht zum gewünschten Ergebnis führt.

Die Reduzierung des Null-Nachlauffaktors ist programmierbar und wird wie folgt durchgeführt:

Der Reduzierungsfaktor ist programmierbar. Die Programmierung wird direkt bei G160 (Aktivierung von ART) mit der Adresse R in der folgenden Form durchgeführt:

N..

N.. G160 X1 Y1 Z1 R50

N..

Der Reduzierungsfaktor wird in Prozent angegeben. Das heißt, dass mit R50 eine Reduzierung des Null-Nachlauffaktors auf 50% erreicht wird.

Wird bei G160 kein Reduzierungsfaktor angegeben, dann wird ein vom Werkzeugmaschinenhersteller eingestellter Standardwert verwendet. Die Art, wie die ART-Beschleunigungsfaktoren bei der Reduzierung verändert werden, kann ebenfalls über eine Voreinstellung festgelegt werden.

Im folgenden Beispiel werden der Nachlauf und der KV-Faktor für verschiedene Werte des Reduzierungsfaktors R aufgelistet, um den Zusammenhang zwischen den Null-Nachlauffaktoren und Nachlauf/KV-Faktoren aus der nachstehenden Tabelle darzustellen:

R	Nachlauf	KV
100	0,006	>100
97	0,041	95,0
95	0,065	63,0
90	0,120	33,5
80	0,232	17,2
70	0,343	11,6
60	0,455	8,8
50	0,565	7,1
40	0,680	5,9
30	0,790	5,1
20	0,903	4,4
10	1,015	3,9
kein ART	1,125	3,6

Die Tabellenwerte wurden mit folgendem Programm erzielt:

N10	G160	X1	Rx
N20	X200	F4000	
N30	X0		
N40	M30 L8		

Die Dauer der Positionierungsschleife betrug 1 ms, die der Interpolationsschleife 3 ms.

1.3.10 Maschinenparameter

ZerolagAppl
ZeolagReduceAppl
ZerolagDeltaDeltaAppl
ZerlogaCorrFactor1
SVAxisMaxVoltAppl
AxisSpeedMaxAppl
GainBreakFactorNeg
ZerolagFactor3Appl
ZerolagFilterOrder
ZerolagFilterOmegaC
ZerolagActiveAppl
ZerolagFilterActiveAppl