

Auslegung Aktorversorgung ELP

1 Netzteil

1.1 Anforderungen

Für das Netzteil der Aktorversorgung gelten besondere Anforderungen bezüglich Sicherheit, Funktion und Bemessung.

1. Das Linearmodul ELP erfordert eine Versorgung mit einer schützenden Kleinspannung (PELV). Die Versorgungsnetzteile müssen die Anforderungen für eine sichere Trennung nach IEC 60364-4-41 (DIN VDE 0100-410) erfüllen.
2. Das Netzteil muss tolerant sein gegenüber einem Anstieg der Spannungen auf Werte oberhalb der geregelten Ausgangsspannung. Es darf bei Spannungen bis 35 V bei 24 V - Versorgung und 63 V bei 48 V - Versorgung nicht durch eine Überspannungsschutzschaltung abgeschaltet werden, sondern muss bei Erreichen der Regelspannung sofort wieder bereit sein, Strom zu liefern.
3. Das Netzteil muss in der Lage sein, den benötigten Spitzenstrom für die angeschlossenen Verbraucher zu liefern, ohne dass die Strombegrenzung anspricht und es zu Spannungseinbrüchen kommt.

1.2 Dimensionierung

Parameter	Symbol	Bedeutung
ELP Spitzenstrom	I_{ELP_max}	Maximalstrom eines Linearmoduls ELP beim Beschleunigen, siehe Tabelle 1.
Netzteil Nennstrom	I_{NT_N}	Der Nennstrom des Netzteils muss mindestens so hoch sein wie die Summe der Spitzenströme aller angeschlossenen Aktoren nach Tabelle 1. $I_{NT_N} \geq I_{1ELP_max} + I_{2ELP_max} + \dots + I_{nELP_max}$

Tabelle 1: Stromaufnahmen ELP

Baugröße	U_A [V]	I_{ELP_N} [A]	I_{ELP_max} [A]
ELP 025	24	0,64	2,0
	48	0,33	1,0
ELP 050	24	1,00	2,1
	48	0,50	2,0
ELP 100	24	1,60	5,9
	48	0,83	5,9

2 Brems-Chopper

Durch Einsatz moderner Leistungselektronik ist es möglich, die Energie aus Bremsvorgängen (kinetische Energie und Lageenergie) in die Versorgung zurück zu liefern. Diese Betriebsart wird als generatorischer Betrieb bezeichnet. Je nach Nutzlast, erreichter Geschwindigkeit und Einbauart sind die Linearmodule ELP in der Lage, während des Bremsvorgangs mehr Energie zu erzeugen als sie selbst über elektrische Verluste und Reibungsverluste verbrauchen. In diesem Fall verteilt sich die Bremsenergie auf die Zwischenkreiskapazitäten aller angeschlossenen Geräte und auf die Ausgangskapazität des Netzteils, was zu einem Anstieg der Versorgungsspannung führt. Das Netzteil stoppt die eigene Energiezufuhr sofort bei Überschreiten der Regelspannung, kann aber einen weiteren Anstieg nicht verhindern. Als Folge kann das Netzteil dauerhaft abschalten oder sogar zerstört werden.

2.1 Platzierung

Der Brems-Chopper wird immer in der Nähe der größten Kapazität in der Versorgung angeschlossen, damit die größten Bremsströme nur lokal fließen und keine Spannungsabfälle an langen Leitungen verursachen.

In der Regel befindet sich die größte Kapazität im Netzteil, so dass der Brems-Chopper direkt an das Aktor-Netzteil im Schaltschrank angeschlossen wird. Ein Durchschleifen der Aktorspannung über den Brems-Chopper ist je nach Bauform möglich. Funktionell liegt der zuschaltbare Bremswiderstand jedoch immer zwischen dem Pluspol und Minuspol der Aktorversorgung, also parallel zur Last.

2.2 Notwendigkeit eines Brems-Choppers

Ist mindestens ein Linearmodul ELP 100 an die Aktorspannung angeschlossen, wird ein Bremschopper benötigt.

Sind mehr als ein Linearmodul ELP 050 an die Aktorspannung angeschlossen und werden diese gleichzeitig gebremst (auch zufällig), wird ein Brems-Chopper benötigt.

ELP 025 erfordert unabhängig von Nutzlast und Einbaulage keinen Brems-Chopper.

2.2.1 Dimensionierung

Parameter	Symbol	Bedeutung
Aktorspannung	U_A	Nominale Versorgungsspannung der Aktoren
Schaltschwelle, Schwellenspannung	$U_{th} (V_{th})$	Der Wert muss entsprechend der Versorgungsspannung U_A gewählt werden. $U_A = 24 \text{ V} \rightarrow U_{th} = 28 \text{ V}$ $U_A = 48 \text{ V} \rightarrow U_{th} = 56 \text{ V}$
Speicherenergie	W_S	Die Speicherenergie kann von der Gesamtkapazität aller Aktoren aufgenommen werden, ohne die Schaltschwelle U_{th} zu überschreiten. Der angenommene Erfahrungswert von $W_S = 1 \text{ J}$ entspricht einer Gesamtkapazität von 10 mF bei $U_A = 24 \text{ V}$ und $U_{th} = 28 \text{ V}$ Wird die Aktorspannung zur Kompensation von Spannungsabfällen am Netzteil anheben, verringert sich die Speicherenergie. In diesem Fall ist es sinnvoll, den Brems-Chopper an einen Verteiler in der Nähe der Linearmodule anzuschließen oder auf die Anhebung der Versorgungsspannung zu verzichten.
Dauerverlustleistung	P_{cont}	Die Verlustleistung im Brems-Chopper kann aus den Bremsenergien und der mittleren Zykluszeit der Aktoren berechnet werden. Für jeden Aktor wird entsprechend seiner Ausrichtung und Nutzlast die Bremsenergie W_{B1} und W_{B2} aus Tabelle 2 entnommen. Die Dauerverlustleistung ist die Summe aller Bremsenergien in beiden Richtungen nach Abzug der gespeicherten Energie geteilt durch die Zykluszeit der Anlage. $P_{cont} = (W_{1B1} + W_{2B1} + \dots W_{nB1} - W_S + W_{1B2} + W_{2B2} + \dots W_{nB2} - W_S) / T_{Zyklus}$ Brems-Chopper dürfen zur Vergrößerung der Dauerverlustleistung nicht parallel geschaltet werden.

Tabelle 2: Bremsenergie bei Aktorspannung 24 V

Die Bremsenergie von ELP 025 ist kleiner 0,2 J und kann vernachlässigt werden.

Die Energien dürfen zwischen den Werten gleicher Ausrichtung für fehlende und maximale Nutzlast linear interpoliert werden.

Linearmodul	Nutzlast [kg]	Ausrichtung	Energie W_{B1} [J]	Energie W_{B2} [J]
ELP 050-H060	3	Horizontal	0,31	0,30
	2	Vertikal	0,55	0,14
	0	Horizontal	0,34	0,33
	0	Vertikal	0,47	0,23
ELP 050-H100	3	Horizontal	0,66	0,62
	2	Vertikal	1,14	0,17
	0	Horizontal	0,45	0,41
	0	Vertikal	0,63	0,24
ELP 100-H080	6	Horizontal	2,00	2,00
	4	Vertikal	3,21	0,88
	0	Horizontal	1,32	1,35
	0	Vertikal	1,86	0,99
ELP 100-H120	6	Horizontal	3,44	3,46
	4	Vertikal	5,45	1,40
	0	Horizontal	1,38	1,38
	0	Vertikal	2,17	1,03
ELP 100-H200	6	Horizontal	5,39	5,57
	4	Vertikal	8,25	1,55
	0	Horizontal	1,73	1,73
	0	Vertikal	3,35	1,16

Tabelle 3: Bremsenergie bei Aktorspannung 48 V

Die Bremsenergie von ELP 25 ist kleiner 0,2 J und kann vernachlässigt werden.

Die Energien dürfen zwischen den Werten gleicher Ausrichtung für fehlende und maximale Nutzlast linear interpoliert werden.

Linearmodul	Nutzlast [kg]	Ausrichtung	Energie W_{B1} [J]	Energie W_{B2} [J]
ELP 050-H060	3	Horizontal	0,28	0,28
	2	Vertikal	0,50	0,12
	0	Horizontal	0,49	0,47
	0	Vertikal	0,59	0,36
ELP 050-H100	3	Horizontal	0,61	0,58
	2	Vertikal	1,01	0,16
	0	Horizontal	0,82	0,72
	0	Vertikal	0,98	0,50
ELP 100-H080	6	Horizontal	1,48	1,49
	4	Vertikal	2,44	0,72
	0	Horizontal	1,81	1,81
	0	Vertikal	2,30	1,46
ELP 100-H120	6	Horizontal	2,78	2,79
	4	Vertikal	4,62	1,13
	0	Horizontal	3,20	3,23
	0	Vertikal	4,05	2,44
ELP 100-H200	6	Horizontal	5,50	5,63
	4	Vertikal	7,65	1,22
	0	Horizontal	5,66	5,70
	0	Vertikal	7,50	3,77

3 Beispielrechnung

3.1 Beispiel 1

2 ELP 050-H100 horizontal mit maximaler Nutzlast
gleichzeitige Bremsung und gleichzeitige Beschleunigung möglich, Zykluszeit 1 s
maximale Geschwindigkeit

2 ELP 025-H080 vertikal mit maximaler Nutzlast
gleichzeitige Bremsung und gleichzeitige Beschleunigung möglich, Zykluszeit 1 s
maximale Geschwindigkeit

Netzteil

Versorgungsspannung 24 V

$$I_{NT_N} \geq I1_{ELP_max} + I2_{ELP_max} + \dots + I_{nELP_max}$$

$$I_{NT_N} \geq 2,0 \text{ A} + 2,0 \text{ A} + 2,1 \text{ A} + 2,1 \text{ A} = 8,2 \text{ A}$$

Brems-Chopper

Der Anschluss von mehr als einer ELP 050 erfordert einen Brems-Chopper.

$$P_{cont} = (W1_{B1} + W2_{B1} + \dots Wn_{B1} - W_s + W1_{B2} + W2_{B2} + \dots Wn_{B2} - W_s) / T_{Zyklus}$$

$$P_{cont} = (0,67 \text{ J} + 0,67 \text{ J} - 1 \text{ J} + 0,67 \text{ J} + 0,67 \text{ J} - 1 \text{ J}) / 1 \text{ s} = 0,68 \text{ W}$$

ELP 025 wird nicht in die Berechnung der Verlustleistung einbezogen.

3.2 Beispiel 2

2 ELP 100-H200 horizontal mit maximaler Nutzlast
gleichzeitige Bremsung und gleichzeitige Beschleunigung, Zykluszeit 2 s
maximale Geschwindigkeit

2 ELP 50-H060 vertikal mit maximaler Nutzlast
gleichzeitige Bremsung und gleichzeitige Beschleunigung, Zykluszeit 2 s
maximale Geschwindigkeit

Netzteil

Versorgungsspannung 24 V

$$\text{Nennstrom} = 5,9 \text{ A} + 5,9 \text{ A} + 2,1 \text{ A} + 2,1 \text{ A} = 16 \text{ A}$$

Brems-Chopper

Ein Brems-Chopper ist nötig, weil mindestens ein Linearmodul ELP 100 eingesetzt wird.

$$P_{cont} = (W1_{B1} + W2_{B1} + \dots Wn_{B1} - W_s + W1_{B2} + W2_{B2} + \dots Wn_{B2} - W_s) / T_{Zyklus}$$

$$P_{cont} = (4,3 \text{ J} + 4,3 \text{ J} + 0,58 \text{ J} + 0,58 \text{ J} - 1 \text{ J} + 4,3 \text{ J} + 4,3 \text{ J} + 0,05 \text{ J} + 0,05 \text{ J} - 1 \text{ J}) / 2 \text{ s} = 8,23 \text{ W}$$