



11/2019

Umsetzung ESTI-Weisung Nr. 407 / Version 0919 vom 01. September 2019

Zulässige zusätzliche Schutzmassnahmen zur Begrenzung des Kurzschlussstroms.

Ausgangslage

Die aktualisierte ESTI-Weisung 407 fordert neu bei Tätigkeiten an elektrischen Anlagen eine maximal zulässige Obergrenze des Kurzschlussstromes. Liegt der Kurzschlussstrom über dieser Obergrenze, dann ist das Arbeiten an elektrischen Anlagen nur unter Einhaltung bestimmten Voraussetzungen erlaubt. Als mögliche Lösung lässt die neue Weisung 407 für die Dauer der Arbeiten den Einsatz von geeigneten Arbeitsschutz-Sicherungseinsätzen (Arbeitsschutzsicherungen mit der Betriebsklasse gR nach VDE 0636-4) zu. Solche Arbeitsschutz-Sicherungseinsätze, oder kurz Arbeitsschutzsicherungen, weisen eine überflinke Auslösecharakteristik auf, begrenzen den Kurzschlussstrom und minimieren somit die Durchlassenergie (Lichtbogenenergie) im Fehlerfall. Damit können Personen wirkungsvoll von einer zu langen Einwirkdauer eines Lichtbogens geschützt werden.

Was sind die massgebenden Parameter solcher Arbeitsschutzsicherungen? Wie erfolgt die Beurteilung und wie kann die neue Forderung wirkungsvoll in der Praxis angewendet und umgesetzt werden?

Seit 1. September 2019 gilt die aktualisierte ESTI-Weisung 407 Version 0919:

Tätigkeiten an oder in der Nähe von elektrischen Anlagen

Gemäss Kapitel 8.2.4 «Kurzschlussstrom, Störlichtbogenschutzklassen und Schutzstufen» muss bei einem Kurzschlussstrom >20 kA, oder wenn ein Überstromunterbrecher >315 A NH vorgeschaltet ist, primär freigeschaltet werden. Im Ausnahmefall können mittels einer Risikoanalyse zusätzliche Schutzmassnahmen getroffen werden, die ein Arbeiten an der Anlage unter Spannung erlauben.



Problemstellung	Durchlassströme von verschiedenen Überstromunterbrechern																												
<p>Die Schutzausrüstungen mit den Schutzklassen 1 und 2 haben eine Begrenzung hinsichtlich des maximal zulässigen Stroms. Bei beiden Schutzklassen wird die Lichtbogenenergie mit 500 ms berechnet. Dies entspricht gerade der Abschaltzeit. Tabelle 1 listet die Anforderungen an die persönliche Schutzausrüstung in Abhängigkeit der verschiedenen thermischen Gefahren eines elektrischen Lichtbogens nach Normen auf.</p>	Trafogrösse	I_{pc}	I_N	I_D																									
<table border="1" data-bbox="204 882 852 1178"> <thead> <tr> <th colspan="5">400V Prüfungen für PSA Probenabstand 300 mm</th> </tr> <tr> <th>Schutzklasse</th> <th>Prüfstrom</th> <th>Prüfanforderungen</th> <th>Lichtbogenzeit</th> <th>Gültige Norm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Schutzbekleidung Boxtest genormt</td> <td>4 kA</td> <td>1-phasig</td> <td>500 ms</td> <td>EN 61482-1-2 Klasse 1 Neu: IEC 61482-2 (APC=1)</td> </tr> <tr> <td>2. Schutzbekleidung Boxtest genormt</td> <td>7 kA</td> <td>1-phasig</td> <td>500 ms</td> <td>EN 61482-1-2 Klasse 2 Neu: IEC 61482-2 (APC=2)</td> </tr> <tr> <td>3. Schutzbekleidung Test nicht genormt</td> <td>10 kA</td> <td>3-phasig</td> <td>1000 ms</td> <td>IEC 61482-2 Noch nicht genormt</td> </tr> </tbody> </table>	400V Prüfungen für PSA Probenabstand 300 mm					Schutzklasse	Prüfstrom	Prüfanforderungen	Lichtbogenzeit	Gültige Norm	1. Schutzbekleidung Boxtest genormt	4 kA	1-phasig	500 ms	EN 61482-1-2 Klasse 1 Neu: IEC 61482-2 (APC=1)	2. Schutzbekleidung Boxtest genormt	7 kA	1-phasig	500 ms	EN 61482-1-2 Klasse 2 Neu: IEC 61482-2 (APC=2)	3. Schutzbekleidung Test nicht genormt	10 kA	3-phasig	1000 ms	IEC 61482-2 Noch nicht genormt	400 kVA 630 kVA 1000 kVA	12.5 kA 18.8 kA 27.5 kA	16 A	≈ 2 kA ≈ 2 kA ≈ 3 kA
400V Prüfungen für PSA Probenabstand 300 mm																													
Schutzklasse	Prüfstrom	Prüfanforderungen	Lichtbogenzeit	Gültige Norm																									
1. Schutzbekleidung Boxtest genormt	4 kA	1-phasig	500 ms	EN 61482-1-2 Klasse 1 Neu: IEC 61482-2 (APC=1)																									
2. Schutzbekleidung Boxtest genormt	7 kA	1-phasig	500 ms	EN 61482-1-2 Klasse 2 Neu: IEC 61482-2 (APC=2)																									
3. Schutzbekleidung Test nicht genormt	10 kA	3-phasig	1000 ms	IEC 61482-2 Noch nicht genormt																									
<p>Tabelle 1: Anforderungen an die Schutzausrüstung</p>	400 kVA 630 kVA 1000 kVA	12.5 kA 18.8 kA 27.5 kA	63 A	≈ 5 kA ≈ 6 kA ≈ 7 kA																									
<p>In Tabelle 2 sind die Durchlassströme von verschiedenen Überstromunterbrechern aufgelistet, in Abhängigkeit des vorge-schalteten Transformators.</p> <p>Die Problemstellung: Die Schutzklassen 1+2 entsprechen nur 4 kA resp. 7 kA.</p> <p>Die Schutzstufen sind aber: 1= 7 kA 2= 15 kA 3= 20 kA</p> <p>Auswahl nach Tabelle 3</p> <p>Wie kann man aber die Schutzklassen gefahrlos auf die viel höheren Schutzstufen anwenden?</p>	400 kVA 630 kVA 1000 kVA	12.5 kA 18.8 kA 27.5 kA	80 A	≈ 7 kA ≈ 7 kA ≈ 9 kA																									
<p>Tabelle 2: Durchlassströme</p> <p>Legende I_{pc}: unbeeinflusster Kurzschlussstrom I_N: Bemessungsstrom der Sicherung I_D: Durchlassstrom</p>	400 kVA 630 kVA 1000 kVA	12.5 kA 18.8 kA 27.5 kA	125 A	≈ 9 kA ≈ 10 kA ≈ 12 kA																									
	400 kVA 630 kVA 1000 kVA	12.5 kA 18.8 kA 27.5 kA	160 A	≈ 11 kA ≈ 13 kA ≈ 15 kA																									
	400 kVA 630 kVA 1000 kVA	12.5 kA 18.8 kA 27.5 kA	200 A	12.5 kA ≈ 15 kA ≈ 17 kA																									
	400 kVA 630 kVA 1000 kVA	12.5 kA 18.8 kA 27.5 kA	250 A	12.5 kA ≈ 18 kA ≈ 21 kA																									



Hinweise zur praktischen Umsetzung

Ergibt die Einschätzung des Auswahlalgorithmus/PSA des Arbeitsauftrages, dass die Schutzwirkung der gewählten PSA gegen Störlichtbögen für das betrachtete Arbeitsverfahren nicht ausreicht (7/15/20 kA), können beispielsweise folgende Massnahmen zusätzlich in Betracht gezogen werden:

1. Arbeitsauftrag erteilen
2. Risikoanalyse
3. Arbeitsmethode
4. Bestimmung des Kurzschlussstromes und Durchlassenergie (Tabellen 4+5)
5. Auswahl der PSA (Tabelle 3)
6. Zusätzliche Schutzmassnahmen (Abstand vergrössern oder Isolierwände)
7. Arbeitsverantwortung

Die Charakteristik und damit die Auslösezeit des Schutzorgans hat einen wesentlichen Einfluss auf die mögliche Lichtbogenenergie im Fehlerfall. Ein Austausch der vorgeschalteten Sicherung durch eine flinke Arbeitsschutzsicherung gR oder das Verstellen der Auslösecharakteristik eines Leistungsschalters für die Dauer der Arbeit ist hier denkbar.

Abstand

Wenn der Arbeitsabstand vergrössert werden kann, hat dies auf die äquivalente Lichtbogenenergie einen grossen Einfluss. So kann es durchaus sinnvoll sein, zu überlegen, ob mit zusätzlichen Hilfsmitteln eine Vergrösserung des Arbeitsabstandes realisiert werden kann. (Normabstand 30 cm)

Betrachtungen und Lösungen

Ergibt die Abschätzung (7/15/20 kA), dass die Schutzwirkung der zur Verfügung gestellten Kleidung nicht für die geplante Arbeit ausreicht und keine Massnahmen wie z. B. die Vergrösserung des Arbeitsabstandes, Reduzierung der Lichtbogenenergie oder das Einbringen von zusätzlichen störlichtbogenfesten Schottwänden (Isolierwände) erfolgen kann, **darf an der Anlage nicht gearbeitet werden**. Die Anlage muss freigeschaltet werden!

Wichtige Anmerkung

Ergibt eine Einschätzung, dass es beim Bedienen einer Anlage, wie beispielsweise beim Freischalten, zu einer Gefährdung kommen kann, für die die zur Verfügung stehende PSA gegen Störlichtbögen keinen ausreichenden Schutz bietet, so muss dieser Einzelfall besonders betrachtet werden. Dafür sind Massnahmen wie das Freischalten der vorgeschalteten Netze denkbar.

Lichtbogenenergie

Lichtbogenleistung x Einwirkzeit
Lichtbogenstrom x Spannung x Einwirkzeit

Einflussgrössen

Nennspannung U_n
Kurzschlussleistung S_k
Schutzorgan/Abschaltzeit t_k
Anlagenaufbau k_t
Arbeitsabstand a

Resultiert

Begrenzung der Lichtbogenenergie
Begrenzung der Einwirkzeit

Mögliche Massnahme

Einsatz von Arbeitsschutzsicherungen gR
Gemäss ESTI 407/ 6.1.3.1
Schutzklasse 2 > 320 kJ

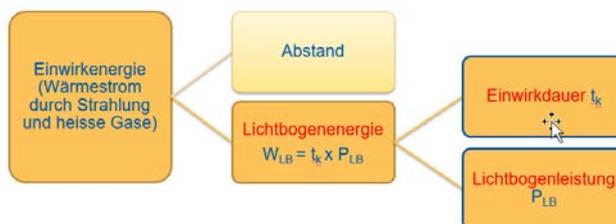


Arbeitsschutz-Sicherungen gR

- Bei Arbeiten unter Spannung
- Vorübergehender Ersatz von Leitungsschutz-Sicherungen gG. Nicht für Dauerbetrieb geeignet da
 - Leistungsabgabe höher als bei gG
 - Keine vollständige Selektivität zu gG-Sicherungen
- Minimierung Gefährdung für Monteure bei Störlichtbögen durch
 - Überflinke Auslösecharakteristiken
 - Minimierung Durchlassstrom
 - Minimierung Durchlassenergie
 - Extrem kurze Ausschaltzeiten
- Standardmässig mit Kombi-Melder und isolierten Griffflaschen
- Rote Bedruckung zur besseren Unterscheidung VDE 0636-4 (überflink)

Diagramm Personengefährdung

Einwirkenergie



Arbeiten unter Spannung AuS:
«Arbeiten unter Spannung müssen nach nationalen Anforderungen und Verfahren ausgeführt werden», Starkstromverordnung und ESTI 407:
dass «der Unternehmer weitere technische, organisatorische und persönliche Schutzmassnahmen festlegt und durchführt, die einen ausreichenden Schutz gegen eine Gefährdung durch Körperdurchströmung oder durch Lichtbogenbildung sicherstellen.»
«Das verbleibende Risiko (...) muss damit auf ein zulässiges Mass reduziert werden.»

Was muss beim Einsatz von Arbeitsschutzsicherungen gR beachtet werden?

- Temporärer Ersatz von Leitungsschutzsicherungen
- Nicht zum dauerhaften Verbleib in Installationen vorgesehen
- In vermaschten Netzen: Einfacher Austausch ohne Versorgungsunterbrechung (Doppeleinspeisung, Ring)
- In Stickleitungen: Unterbrechungsfreier Austausch mit Hilfe von Sicherungs-Überbrückungsgeräten
- Risikobetrachtung des Austauschs notwendig

Arbeitsschutz-Sicherungen gR: 250A





Schlussbemerkungen

- Keine vollständige Selektivität zu gG-Sicherungen
- Minimierung der Gefährdung für Monteure bei Störlichtbögen durch überflinke Auslösecharakteristiken
- Minimierung Durchlassstrom
- Minimierung Durchlassenergie
- Extrem kurze Ausschaltzeiten

Bei Verwendung von Arbeitsschutzsicherungen gR Reduktion der Schutzausrüstung von Stufe 3 auf Stufe 1 oder 2 nach Risikoanalyse; entscheidend ist der Durchlassstrom nach der gR-Sicherung, trotzdem ist die Arbeit nach den Voraussetzungen AuS 1 oder 2 auszuführen.

Es bleibt aber immer eine Arbeit unter Spannung und somit gelten diese Bedingungen für Ausbildung und Schutzausrüstungen nach AuS.

Arbeitsschutzsicherungen schützen durch stärkere Begrenzung des Durchlassstroms:

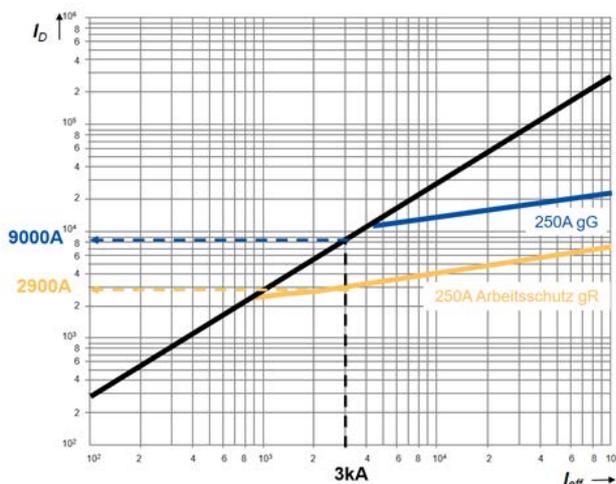


Tabelle 4: Vergleich Durchlass- zu Effektivstrom gR zu gG Sicherungshandbuch H. Bessei Dokumentation, ESTI-Weisung 407 Version 0919:

https://www.esti.admin.ch/inhalte/pdf/Weisungen/Deutsch/ESTI_407_0919_d.pdf

Auswahlmatrix PSA-NH Sicherungen 3-poliger Kurzschlussstrom

I_{nSE} [A]	NH-Sicherungseinsätze gR		
160	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 1,0...2,5 2,5...4,5 Ab 4,5 </div>		
200			
250			
315			
355			
400			
500	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 1,0...2,5 2,5...4,5 Ab 4,5 </div>		
Mindestwert prospektiver Kurzschlussstrom I_{1sp} [kA]			

Tabelle 3: Begründung Arbeitsschutz-Sicherungen gR zu gG gemäss Sicherungshandbuch H. Bessei.

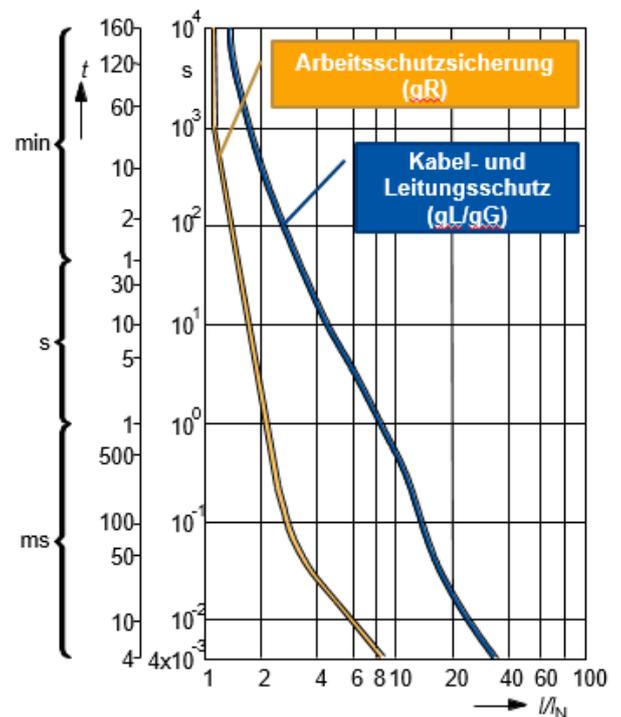


Tabelle 5: Vergleich Arbeitsschutzsicherung gR zu gG Sicherung: Kennlinien gemäss Sicherungshandbuch H. Bessei



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI
Inspection fédérale des installations à courant fort ESTI
Ispettorato federale degli impianti a corrente forte ESTI
Inspecturat federal d'installaziuns a current ferm ESTI

Daniel Otti, Geschäftsführer ESTI
André Moser, Techn. Experte / Sicherheitsbeauftragter

Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI
Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltorf
Tel. +41 44 956 12 12
info@esti.admin.ch
www.esti.admin.ch