



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl.³: H 01 H 33/59

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



PATENTSCHRIFT A5

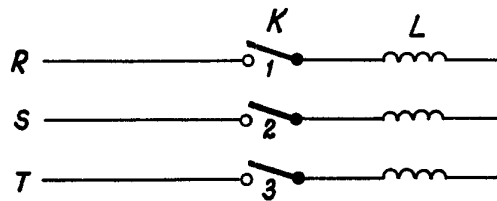
11

636 476

<p>21 Gesuchsnummer: 12747/78</p> <p>22 Anmeldungsdatum: 14.12.1978</p> <p>30 Priorität(en): 14.12.1977 NL 7713854</p> <p>24 Patent erteilt: 31.05.1983</p> <p>45 Patentschrift veröffentlicht: 31.05.1983</p>	<p>73 Inhaber: Hazemeijer B.V., Hengelo (0) (NL)</p> <p>72 Erfinder: Bertus Griesen, Hengelo (0) (NL)</p> <p>74 Vertreter: Bovard AG, Bern 25</p>
--	---

54 Verfahren zum Abschalten einer induktiven Last in einem Dreiphasenhochspannungsnetz.

57 Für jede Phase (R, S, T) ist je eine Schalterstrecke (1, 2, 3) mit schneller Dielektrikumerholungszeit vorgesehen. Es ist ein Schaltmechanismus vorhanden der beim Abschalten des Schalters eine der Schalterstrecken früher öffnet als die beiden anderen Schalterstrecken. Der Schaltmechanismus wird so eingestellt, dass die erste Schalterstrecke mindestens um einen Drittel der Periode der Betriebsfrequenz des Hochspannungsnetzes vor den beiden anderen Schalterstrecken geöffnet wird.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Abschalten einer induktiven Last in einem Dreiphasenhochspannungsnetz mit Hilfe eines Schalters schneller Dielektrikumerholzeit, dadurch gekennzeichnet, dass beim Unterbrechungsvorgang zwei der drei Schalterstrecken schneller Dielektrikumerholzeit mindestens ein Drittel eines Zyklus der Netzfrequenz später öffnen als die andere der drei Schalterstrecken zuzüglich der minimalen Lichtbogenzeit in der anderen Schalterstrecke.

2. Schaltermechanismus zur Durchführung des Verfahrens nach Patentanspruch 1, der für jede der drei Phasen eine Schalterstrecke schneller Dielektrikumerholzeit aufweist, gekennzeichnet durch Mittel, welche beim Unterbrechungsvorgang das Öffnen einer Schalterstrecke früher als für die beiden anderen Schalterstrecken in solcher Weise einleitet, dass zwischen dem Zeitpunkt, zu welchem die zuerst öffnende Schalterstrecke geöffnet wird, und dem Zeitpunkt, zu welchem die beiden anderen Schalterstrecken geöffnet werden, ein Intervall liegt, das mindestens einem Drittel eines Zyklus der Netzfrequenz entspricht.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abschaltung einer induktiven Last in einem Dreiphasenhochspannungsnetz mit Hilfe eines Schalters mit kurzer dielektrischer Erholungszeit.

Es hat sich gezeigt, dass beim Abschalten einer induktiven Last in einer Dreiphasenhochspannungsschaltung an der abzuschaltenden Last manchmal hohe Überspannungen auftreten. Da diese Überspannungen infolge Isolationsdurchbruchs oder dergleichen beträchtliche Schäden in der Schaltung hervorrufen können, hat man zahlreiche Untersuchungen vorgenommen, um die wahrscheinlichen Ursachen dieser hohen Überspannungen zu ermitteln. Diese Untersuchungen haben ergeben, dass die hohen Überspannungen nur dann auftreten, wenn in der betreffenden Schaltung mindestens eine eine Anzahl von Bedingungen erfüllt, von denen die wichtigsten nachfolgend angeführt sind:

1. Zum Schalten werden Schalter benutzt, deren Dielektrikum sich schnell erholt; diese Bedingung wird durch Vakuumschalter erfüllt.

2. Das Erfordernis einer vorbestimmten Schaltungsausbildung; hierzu gehört unter anderem das Vorhandensein einer genügenden Kapazität zwischen den Phasen sowohl auf der Generatorseite wie auch auf der Lastseite des Schalters.

3. Die Schaltzeit ist so, dass kurz nach dem Trennen der Kontaktelemente an einem Pol des Schalters ein Stromnulldurchgang auftritt.

Beim Abschalten einer Last unter den vorstehenden Bedingungen tritt in der ersten beim Stromnulldurchgang unterbrochenen Phase eine Überspannung auf, die eine Rückzündung in dieser Phase zur Folge haben kann. Unter den vorherrschenden Umständen wird der durch diese Rückzündungen bedingte Strom, der sehr hochfrequent ist, ganz oder teilweise überlagert von dem Netzstrom in den anderen Phasen, die trotz einer bereits erfolgten Unterbrechung noch Strom führen. Wenn der aus dieser Überlagerung resultierende Strom und der in diesen Phasen fließende Schaltungsstrom ungefähr zu Null wird, dann werden auch die beiden anderen Phasen unterbrochen. Da jedoch im Augenblick der Rückzündung der Schaltungsstrom in der ersten Phase, welcher die Rückzündung verursacht hat, dicht beim Stromnulldurchgang ist, ist der Augenblickswert des Stromes in den beiden anderen Phasen relativ hoch, und es tritt ein sogenanntes Hochstromchopping auf. In der Literatur wird diese Erscheinung des impulsweise auftretenden relativ hohen Stroms im allgemeinen als virtuelles Chopping bezeichnet. Da hierbei der Stromanstieg

di/dt hoch ist, können in der Anlage sehr hohe Überspannungen auftreten.

In einer Veröffentlichung von M. Murano u.a. «Three-phase simultaneous interruption in interrupting inductive current using vacuum switches» in IEEE Transactions on Power Apparatus Systems, vom Januar/Februar 1974, Seiten 272 bis 280, ist bezüglich der Erscheinung des «virtual chopping» vorgeschlagen worden, einen Widerstand in Reihe mit einer Kapazität parallel zur Last zwischen Phasen und Masse zu schalten. Dies ist jedoch mit dem Nachteil verbunden, dass die Widerstands- und Kapazitätswerte an die betreffende Schaltung und die abzuschaltende Last angepasst werden müssen, und im Falle hoher Ströme ist diese Lösung darüber hinaus recht teuer.

Bei einem anderen, in der erwähnten Veröffentlichung vorgeschlagenen Verfahren wird ein nichtlinearer Widerstand verwendet, dessen hohe Kosten gleichfalls nachteilig sind.

Gemäss einem weiteren Verfahren werden Überspannungsableiter zur Begrenzung der schädlichen Auswirkungen des «virtual chopping» verwendet. Dieses Verfahren hat ebenfalls den Nachteil relativ hoher Kosten, und ausserdem müssen diese Überspannungsableiter so dicht wie möglich bei der Last installiert werden.

Den oben erwähnten Verfahren ist gemeinsam, dass sie nur unter denjenigen Schaltungsbedingungen arbeiten, für welche sie entworfen sind. Bei einer Änderung dieser Bedingungen muss man daher das Verfahren entsprechend dieser Änderung abwandeln. Weiterhin sind diese Verfahren nicht gegen die Verhinderung des «virtual chopping» gerichtet, sondern nur auf einen Schutz gegen dessen Auswirkungen.

Ein besseres Verfahren wäre es daher, dass «virtual chopping» vollständig zu vermeiden. Dies kann erreicht werden, wenn man dafür sorgt, dass eine der oben erwähnten drei Bedingungen für dessen Auftreten nicht erfüllt sind.

Wenn man die besonderen Vorteile eines Vakuumschalters auszunützen wünscht, dann ist die erste Bedingung jedoch erfüllt. Zur Ausschaltung der zweiten Bedingung müssen sowohl die stromquellenseitigen als auch die lastseitigen Zuleitungen des Schalters vollständig gegeneinander abgeschirmt sein. In der Praxis erscheint dies jedoch als schwierige und teure Aufgabe.

Schliesslich muss das Auftreten der dritten Bedingung verhindert werden durch Synchronisierung der Schaltzeit mit dem Stromnulldurchgang derart, dass die Kontaktelemente nicht nahe beim Stromnulldurchgang getrennt werden. Aber auch derartige Massnahmen verlangen die Verwendung komplizierter und teurer Einrichtungen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht nun in der Angabe eines Schaltverfahrens zur Verhinderung des «virtual chopping» auf einfache und dementsprechend wenig kostspielige Art unabhängig von den Schaltungsbedingungen. Die Erfindung sieht daher ein Schaltverfahren der oben erwähnten Art vor, welche sich dadurch auszeichnet, dass beim Unterbrechungsvorgang zwei der drei Schaltstrecken, die eine kurze Dielektrikumerholzeit haben, um mindestens ein Drittel einer Periode der Netzfrequenz später als die andere der drei Schalterstrecken öffnen zuzüglich der minimalen Lichtbogenzeit in der anderen Schalterstrecke.

Dieses Schaltverfahren garantiert, dass unter keinen Umständen irgendein «virtual chopping» mehr möglich ist.

Die Erfindung schafft ferner einen Schaltermechanismus zur Durchführung dieses Verfahrens, welcher in der Lage ist, das «virtual chopping» zu verhindern. Dieser Schaltermechanismus ist durch Mittel gekennzeichnet, welche beim Unterbrechen das Öffnen einer Schalterstrecke früher einleiten als für die beiden anderen Schalterstrecken, und zwar so, dass zwischen dem Zeitpunkt, zu welchem die erste Schalterstrecke geöffnet wird, und dem Zeitpunkt, zu welchem die beiden

anderen Schalterstrecken geöffnet werden, ein Intervall liegt, das mindestens einem Drittel der Periode der Netzfrequenz entspricht.

Die Erfindung wird nun im einzelnen an einem Beispiel anhand der beiliegenden Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein vereinfachtes Schaltbild zur Erläuterung des erfindungsgemässen Schaltverfahrens;

Fig. 2 ein Oszillogramm zur Veranschaulichung des Zustandes, in welchem beim Öffnen einer Schalterstrecke oder eines Pols der Strom in der betreffenden Phase beim nächsten Stromnulldurchgang unterbrochen wird; und

Fig. 3 ein Oszillogramm des Zustandes, in welchem beim Öffnen der Schalterstrecke oder des Pols der Strom in der betreffenden Phase nicht beim nächsten Stromnulldurchgang unterbrochen wird.

In Fig. 1 sind der Schalter bzw. die Last durch die Bezugszeichen K bzw. L angedeutet, die Phasen mit R, S und T bezeichnet und die zugehörigen Schalterstrecken des Schalters mit den Bezugsziffern 1, 2 bzw. 3 versehen.

Es sei nun angenommen, dass die Schalterstrecke 1 der Phase R zu einem früheren Zeitpunkt als die Schalterstrecken 2 und 3 der Phasen S und T öffnet, also etwa mit einem Intervall T_2 , welches gleich oder grösser als ein Drittel des Zyklus der Netzfrequenz ist vermehrt um die minimale Lichtbogenzeit des Schalters bei Stromleitung bis zum «virtual chopping».

In Fig. 2 ist ein Grenzfall dargestellt, wo das «virtual chopping» auftreten kann, also eine Situation, in welcher die Öffnungszeit T_1 entsprechend dem Öffnen der Schalterstrecke 1 so gewählt ist, dass zwischen diesem Punkt t_1 und dem nächsten Stromnulldurchgang zum Zeitpunkt t_2 der Phase R das Intervall T_1 vorgesehen ist, welches gleich der minimalen Lichtbogenzeit des Schalters ist. Die Schalterstrecken 2 und 3 der Phasen S und T werden zum Zeitpunkt t_3 geöffnet, und zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_1 liegt das vorerwähnte Intervall T_2 .

Man kann sich nun zwei Situationen vorstellen, nämlich a) die in Fig. 2 dargestellte Situation, in welcher der Strom in der Phase R beim ersten Stromnulldurchgang nach Öffnen der Schalterstrecke 1 unterbrochen wird, also zum Zeitpunkt t_2 ,

b) die Situation entsprechend Fig. 3, in welcher der Strom in der Phase R zum ersten Stromnulldurchgang nach Öffnen der Schalterstrecke 1 nicht unterbrochen wird.

In der Situation a) kann kein «virtual chopping» auftreten, weil kurz vor dem Zeitpunkt t_3 die anderen Schalterstrecken 2 und 3 der Phasen S bzw. T noch geschlossen sind und dementsprechend eine Bedingung für das «virtual chopping» nicht erfüllt ist, nämlich ein gleichzeitiges Dreiphasenschalten.

Nach dem Öffnen der Schalterstrecken 2 und 3 zum Zeitpunkt t_3 werden die Ströme in diesen Phasen gleichzeitig in bekannter Weise unterbrochen, etwa zum Zeitpunkt t_4 . Wenn nun die Öffnungszeit t_1 der Schalterstrecke 1 auf einen früheren Zeitpunkt vorverlegt wird, also wenn das Intervall zwischen t_1 und t_2 über das Intervall T_1 hinausreicht, dann wird der Strom in der Phase R sicherlich zum Zeitpunkt t_2 unterbrochen, weil die Lichtbogenzeit der Schalterstrecke 1 länger als die minimale Lichtbogenzeit T_1 des Schalters ist, so dass auch in diesen Fällen ein «virtual chopping» unmöglich scheint.

Wenn nun aber gemäss dem Fall b) der Strom in der Phase

R nicht zum Zeitpunkt t_2 unterbrochen wird, dann wird dieser Strom erst beim nächsten Stromnulldurchgang unterbrochen, also zum Zeitpunkt t_4 , wie dies Fig. 3 zeigt. Die anderen Schalterstrecken 2 und 3 werden dann zum Zeitpunkt t_3 geöffnet, so dass die Schalterstrecke 2 gerade nach dem Stromnulldurchgang der betreffenden Phase S öffnet. Dementsprechend werden die Phasen S und T in bekannter Weise gleichzeitig erst zum Zeitpunkt t_5 unterbrochen. Wenn die Stromunterbrechung in der Phase R in der beschriebenen Weise zum Zeitpunkt t_4 erfolgt, dann tritt kein «virtual chopping» auf, weil zu diesem Zeitpunkt die Trennung der Kontaktelemente der Schalterstrecke 1 genügend lange gedauert hat, um eine Rückzündung zu verhindern. Wenn nun die Öffnungszeit t_1 der Schalterstrecke 1 verzögert wird, also wenn das Intervall zwischen t_1 und t_4 kleiner wird, dann wird die Schalterstrecke R immer zum Zeitpunkt t_4 unterbrochen, bis dieses Intervall so kurz wird, dass der unter a) besprochene Fall wieder eintritt. Es leuchtet ein, dass im Falle a) in ähnlicher Weise nach Einstellung des Zeitpunktes t_1 auf einen zunehmend früheren Zeitpunkt dieser Fall a) in den Fall b) übergeht. Wo die Fälle a) und b) die Grenzen des Bereiches «Leiten» zu «virtual chopping» abstecken, verhindert das erfindungsgemässe Schaltverfahren gemäss den obigen Darlegungen das Phänomen des «virtual chopping».

Zusammenfassend sei bemerkt, dass in all den oben angeführten Fällen der Strom in der zuerst geöffneten Schalterstrecke zu einem Zeitpunkt unterbrochen wird, zu welchem entweder die beiden anderen Schalterstrecken noch geschlossen sind oder die zuerst geöffnete Schalterstrecke schon so weit geöffnet ist, dass ein «virtual chopping» überhaupt nicht mehr auftreten kann. Tatsächlich liegen natürlich die oben beschriebenen Situationen auch vor, wenn eine der beiden anderen Schalterstrecken zuerst geöffnet wird, wohingegen das Ergebnis des Schaltverfahrens auch unabhängig von der Phasenfolge des dreiphasigen Stromnetzwerkes ist.

Die Erfindung schafft somit ein Schaltverfahren, welches dazu beiträgt, dass man unter verschiedenen Bedingungen schalten kann, ohne dass ein «virtual chopping» auftritt und ohne dass besondere Massnahmen ausser der einfachen Anpassung des Schalters notwendig wären. In der Praxis lässt sich dieses Schaltverfahren anwenden durch Abwandlung des Schaltermechanismus des Schalters in solcher Weise, dass beim Öffnen eine Schalterstrecke um die erwähnte Zeit früher als die beiden anderen Schalterstrecken öffnet. Es ist selbstverständlich, dass das Einschalten in normaler Weise gleichzeitig für alle drei Schalterstrecken erfolgt. Ein Mechanismus, der sich gut für das erfindungsgemässe Schaltverfahren eignet, ist in der holländischen Patentanmeldung Nr. 7606848 beschrieben. Dieser Mechanismus braucht nur so modifiziert zu werden, dass die Nockenscheiben, welche das Ein- und Ausschalten steuern, zwei Schalterstrecken gleichzeitig betätigen, während die dritte Schalterstrecke durch eine gesonderte oder versetzte Nockenscheibe getrennt betätigt wird. Diese gesonderte Nockenscheibe kann so ausgebildet sein, dass die zugehörige Schalterstrecke mit ihrer Hilfe um die gewünschte Zeit vor dem Öffnen der beiden anderen Schalterstrecken unterbrochen wird. Das Einschalten kann unverändert bleiben.

fig-1

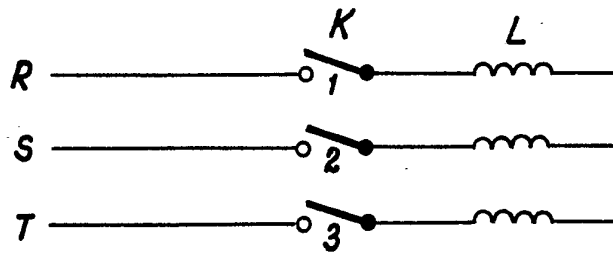


fig-2

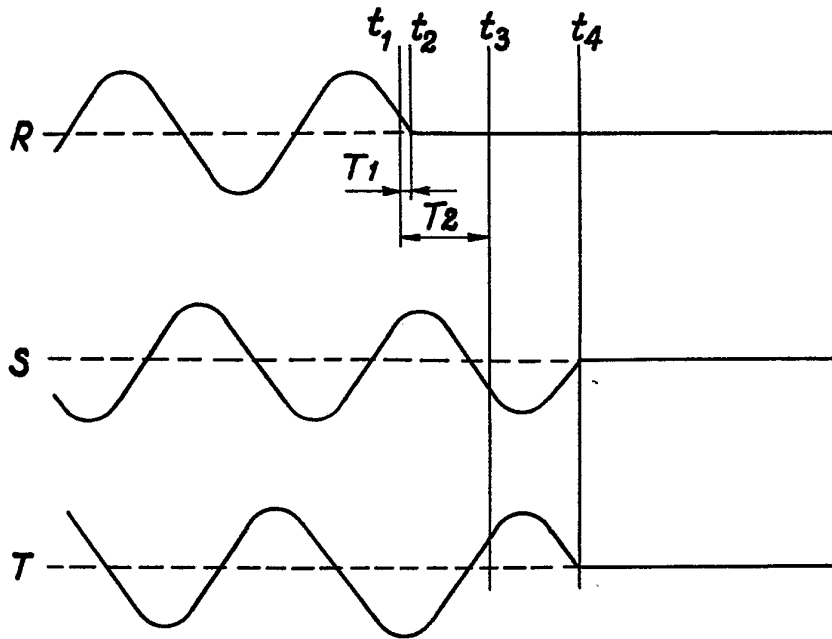


fig-3

