

# 100-kVA-Hochspannungs- flink transformator absicherbar

**Grosse Mikrowellengeneratoren benötigen für das Magnetron eine Hochspannung von 10 bis 20 kV. Bei Leistungen von 5 bis 100 kW werden zur Erzeugung der Hochspannung meistens Drehstrom-Transformatoren am 400-Volt Netz eingesetzt. Vor dem Hochspannungstrafo sitzen aus Gründen der Sicherheitsabschaltung zwei Schütze, die auf Nennstrom und AC3 ausgelegt sind. Ein dritter Schütz brückt die Einschaltstrom-Begrenzungswiderstände. Vor den Schützen sind meist NH00-Schmelzsicherungen eingebaut, die auf Nennstrom ausgelegt sind. Ein handbetätigter Hauptschalter dient zum Ein- und Ausschalten der ganzen Stromversorgung für Wartungsarbeiten.**

M. Konstanzer

## Risiken

Wo Hochspannung verwendet wird ist mit Überschlägen zu rechnen. Diese können zum Beispiel in Kabeln, an Luftstrecken, im Magnetron selbst oder in den Hohlleitern auftreten. Damit die Schäden gering bleiben, sollte die Hochspannung flink abgesichert sein. Hochspannungsschmelzsicherungen mit diesen Eigenschaften sind dafür aus wirtschaftlichen Gründen nicht einsetzbar. Schmelzsicherungen sind zwar in der Hochspannungszuleitung zum Magnetron vorhanden, haben aber eher die Funktion einer Trennstelle für Servicezwecke. Sie lösen bei Überschlägen nicht flink genug aus.

Eine flinke Absicherung vor dem Transformator auf der 400V Seite verbietet sich bisher wegen den Einschaltstromstößen die jeder Transformator beim Einschalten erzeugt. Selbst Einschaltstrombegrenzungswiderstände helfen da nur bedingt weiter. Sie begrenzen den Einschaltstromstoss auf etwa 60 Apeak. Ist der Trafo jedoch schon beim Einschalten überlastet oder kurzgeschlossen, so wird durch die Vorwiderstände der Strom auf die maximal 60 A begrenzt. Beim anschliessenden Brücken der Vorwiderstände fliesst dann ein sehr grosser Einschalt- oder Kurzschlussstrom. Aus diesem Grunde müssen die Schütze in AC3 ausgelegt sein. Wegen der oben genannten Problematik

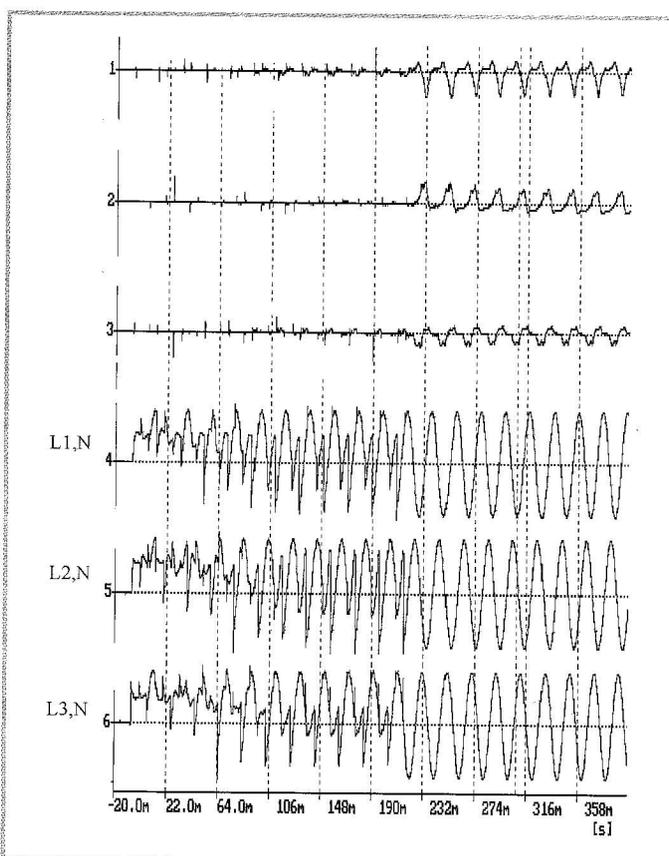
wäre es wünschenswert, die hohen Ströme schon vor dem Volleinschalten zu verhindern. Hochspannungsüberschläge die gleich beim Einschalten auftreten, sind damit wegen der Strombegrenzung durch die Einschaltvorwiderstände bisher nicht durch flinkes Absichern erfassbar und können nicht zum Auslösen von flinken Sicherungen führen.

## Sanftes Einschalten ohne Strombegrenzung...

...jedoch mit patentiertem Einschaltverfahren. Transformatoren für Mikrowellengeneratoren sind beim Einschalten unbelastet. Das sanfte Einschalten des Trafos mit dem Trafoschaltrelais «TSRD» erlaubt es den Trafo schon während des Einschaltvorgangs auf der Primärseite mit weniger als 5% des Nennstromes, also mit dem Nennwert des Leerlaufstromes, flink abzusichern. Bild 1 zeigt das Verhalten beim sanften Einschalten, oben drei Ströme, unten drei Spannungen am Trafo gegen Neutralleiter.

## Überflink abgesichert

Der Einschaltstrom beträgt mit dem TSRD bei einem 100 kVA grossen DY5-Trafo weniger als 5 Ampere. In den Leitern L1 und L2 fliesst gegenüber L3 ein etwas grösserer Strom, weil zwischen L1 und L2 noch ein 1-kVA-Steuertrafo angeschlossen ist. Dieser wird ebenfalls mit



**Bild 1**  
Einschaltvorgang an einem 100-kVA-Dy5-Drehstromtrafo. Die drei oberen Messkurven zeigen den Primärstrom des Trafos, die drei unteren Messkurven zeigen die Spannung am Trafоеingang gegen N gemessen. Der Einschaltstrom ist nur so gross wie der Leerlaufstrom.

sanft eingeschaltet und kann entsprechend flink abgesichert werden.

Das Trafoschaltrelais TSRD muss nicht für die Nennleistung des Trafos ausgelegt werden, weil es lediglich den Leerlaufstrom des Trafos schalten muss. Das TSRD für 32 A ist selbst vor Kurzschlüssen oder Überlastung optimal geschützt, weil vor ihm ein flinker B-Typ Leitungsschutzschalter mit 10 A, also mit nur 30% des TSRD-Nennstromes, eingebaut ist. Mit einem TSRD für 50-A-Schaltstrom können also sich im Leerlauf befindende Transformatoren von bis zu 1000 kVA sanft eingeschaltet werden, wenn deren Leerlaufstrom weniger als 50 A beträgt.

### Zweck der überflinken Absicherung

Erfolgt während des Einschaltens ein Überschlag der Hochspannung gegen Erde, oder liegt bereits ein Kurzschluss vor, so löst in weniger als 2 Millisekunden die flinke Absicherung mit dem B-Typ-Leitungsschutzschalter beim Einschalten aus (Bild 2).

Die zur Trafovormagnetisierung vom TSRD mittels Thyristoren durchgeschalteten Spannungsabschnitte sind zu Beginn nur etwa 2 ms gross. Schon nach dem ersten Spannungsabschnitt fliesst eine Stromspitze von etwa  $40 A_{peak}$  und einer Dauer von 2 ms Dauer zum Ende einer Halbwelle in den kurzgeschlossenen Trafo, worauf der flinke B-10-A-Leitungsschutzschalter in Reihe zum TSRD sofort auslöst. Alle im Stromkreis liegenden Bauteile wie Schalter, Trafo, Gleichrichter usw. werden dabei nicht überbeansprucht.

Man kann dieses Verhalten der Kombination von TSRD und flinker Absicherung auf die Leerlaufstromhöhe auch als so genannte «vorausschauende Sicherung» bezeichnen, weil sie Überströme vermeidet, die erst nach dem Volleinschalten fließen würden. Gerade bei Hochspannungstransformatoren und anschliessender Gleichrichtung werden damit alle Komponenten optimal abgesichert und geschützt.

### Kurzschluss im laufenden Betrieb

Geschieht der Hochspannungsüberschlag beim Betrieb des Magnetrons, während der TSRD und seine flinke Absicherung mit einem Schütz gebrückt ist, so schützt ein flink auslösender Generatorschutz-

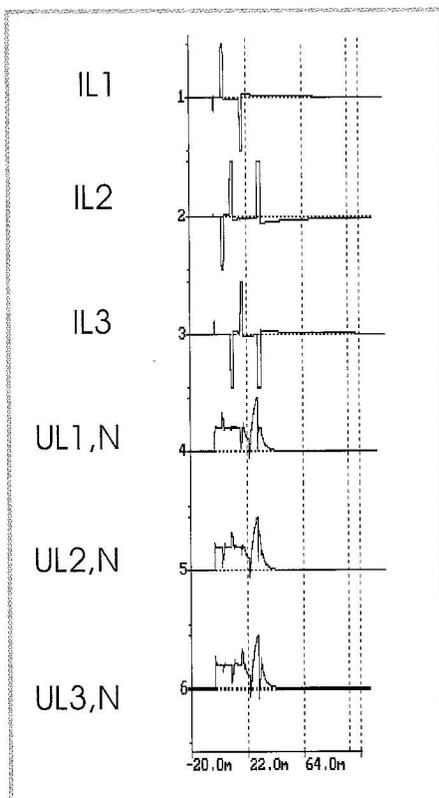


Bild 2 Einschalten auf einen bestehenden Kurzschluss.

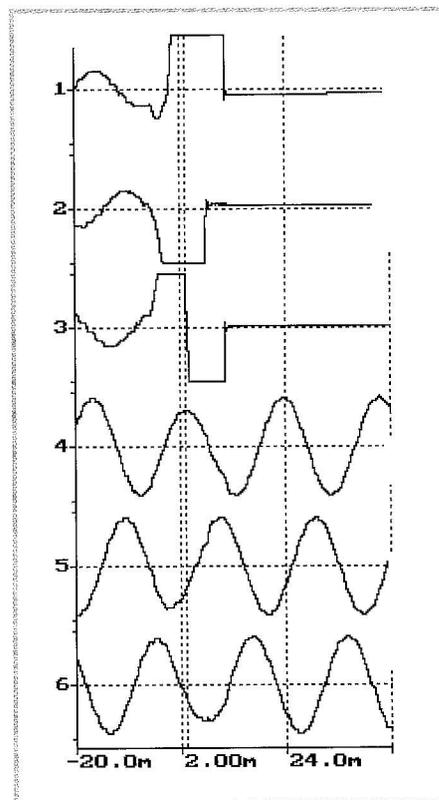


Bild 3 Das flinke Ausschalten bei Überstrom.

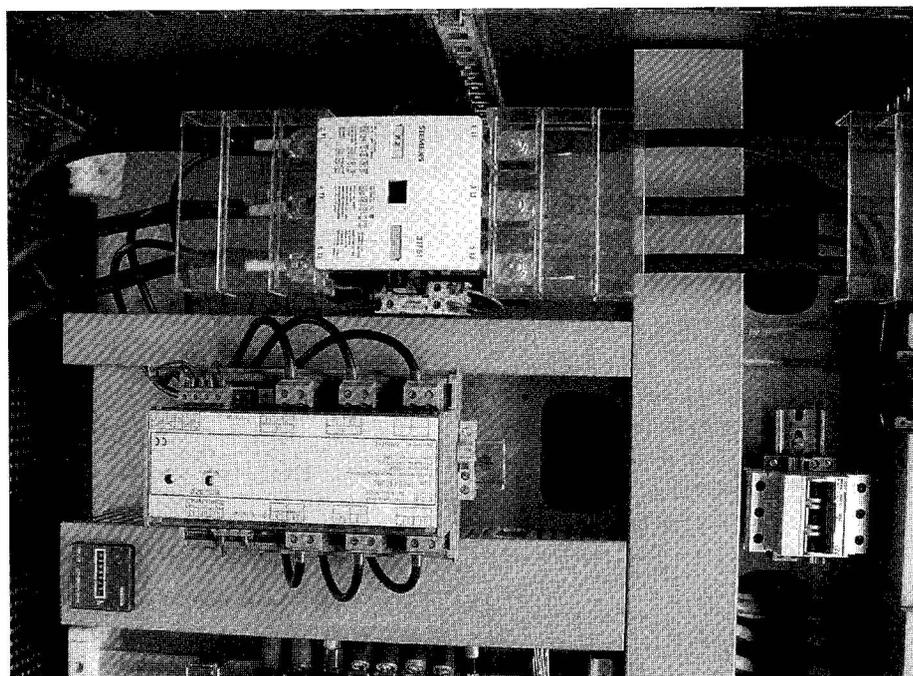


Bild 4 Der TSRD ist unten zu sehen, der Bypasschütz oben, der 3fache Sicherungsautomat ist rechts zu sehen.

schalter, der vor dem Transformator eingebaut ist, die ganze Anlage vor Überlastung und schaltet bei Überschreitung des 2- bis 3fachen Nennstromes innerhalb 20 Millisekunden aus (Bild 3).

Hier ist nach einigen tausend Betriebsstunden ein Bauteil in der Hochspannungszuleitung ausgefallen, was einem Kurzschluss auf der Hochspannungsseite gleichkam. In weniger als 15 Millisekun-

den löste der Generatorschutzschalter aus. Die Kurzschlussstrom-Einwirkungszeit wurde damit auf ein Minimum begrenzt. Das speisende Stromnetz wurde nur für kurze Zeit überlastet, der resultierende Spannungseinbruch war nur von kurzer Dauer. Vorgelagerte Schutzschalter lösten nicht aus. Der Generatorschutzschalter ist damit strom- und zeitselektiv zu den vorgelagerten Schutz-einrichtungen.

### Weitere Vorteile

Das TSRD hat eine Netzspannungs-, Drehrichtungs- und Phasenausfallüberwachung eingebaut. Fällt zum Beispiel eine Phase der Versorgungsleitung aus, so schaltet das TSRD die Anlage sofort aus. Ein mit Nennlast auf nur zwei Phasen betriebener Trafo würde überhitzt und Abbrennen. Dies wird mit dem vorgeschalteten TSRD vermieden.

### Not-Aus-Sicherheit

Die Sicherheitsabschaltung, die bei Not aus erfolgen muss, und die Wiedereinschaltperre bei fehlerhaften Schützkontakten, wird weiterhin mit einem Not-Aus-Sicherheitsrelais gewährleistet. Dieses Sicherheitsrelais wird vom TSRD unterstützt.

### Einsparung an Bauteilen und Kosten:

Das TSRD und der Generatorschutzschalter als Absicherung ersetzen folgende bisher notwendigen Bauteile: Drei

NH00-g/L-Sicherungen 120 A mit Unterteilen, 1 Stück Leistungsschutz für Nennstrom in AC3 zum Brücken der Vorwiderstände, 3 Vorwiderstände à 200 W für 400 V, drei Sicherungen mit Halter für die Vorwiderstände, 1 Phasenausfallmessrelais, 2 Hilfsschütze. Bild 4 zeigt den Einbau des TSRD in eine Mikrowellengeneratoranlage.

Die Kosten des TSRD und der erforderlichen Bauteile sind geringer als die der eingesparten Bauteile. Der Platzbedarf des TSRD ist geringer als der, welchen die eingesparten Bauteile bisher benötigten. Mit dem TSRD werden ein Dreifachsicherungsautomat B-10A, ein Bypassschütz und ein Generatorschutzschalter, nicht in Bild 4 zu sehen, als Hauptschalter eingebaut.

### Bei USV-Speisung

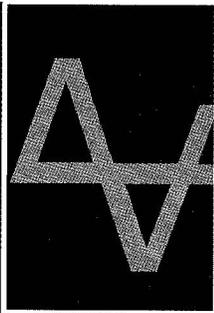
Werden mehrere Mikrowellengeneratoranlagen netzausfallsicher an einer USV (unterbrechungsfreie Stromversorgung), gemeinsam betrieben, so ist der Einbau

eines TSRD in jeden Generator ein Muss, damit bei einem Hochspannungsüberschlag in einer Anlage mit folgendem grossen Überstrom, die anderen Anlagen ungestört weiterlaufen können, weil der Überstrom durch die flinke Absicherung schnellstens zum Abschalten des fehlerhaften Generators führt. Mit der bisherigen trägen Absicherung wäre die Überstromabschaltung zu träge, und die USV würde in Strombegrenzung gehen und alle Anlagen damit ausschalten.

Mit diesen hier aufgezeigten Massnahmen können auch 100-kVA-Drehstrom-Transformatoren per Anlagenschutz flink gesichert werden. Die hier aufgezeigten Massnahmen brachten eine Kosteneinsparung für den Hersteller und eine Erhöhung der Betriebssicherheit und Verfügbarkeit für den Anwender. ET07

M. Konstanzer  
Britzingerstr. 36, D-79114 Freiburg  
Tel. 0049/761 441 803  
Fax 0049/761 441 888

ELEKTROTECHNIK MAGAZIN



**Vogt AG**  
**Verbindungstechnik**  
**CH-4654 Lostorf**  
**Switzerland**

Postfach 148

Telefon  
++41(0)62 285 75 75

Telefax  
++41(0)62 285 74 74

Internet  
<http://www.vogt.ch>

**Ein abgerundetes Angebot**



*Katalog schon bestellt?*