

# Überspannungsbedämpfung von Schützen

## *Overvoltage suppression of contactors*

### Entstehung von Überspannungen

Die wichtigste Ursache für das Entstehen von Überspannungen sind Schaltvorgänge in induktiven Stromkreisen, z.B. Schützspulen. Diese Überspannungen, Spannungsspitzen bis 4 kV, können sehr schnell hohe Werte erreichen; die Folgen daraus sind:

- Starker Abbrand der Kontakte und damit frühzeitiger Verschleiß der Kontakte, welche die Spule schalten.
- Es können Störsignale eingekoppelt werden, die unter Umständen Fehlsignale in elektronischen Steuerungen hervorrufen und zur Zerstörung von elektronischen Baugruppen führen.

Deshalb ist es bei Schützen üblich die Schaltüberspannungen der Schützspulen durch eine Schutzbeschaltung zu bedämpfen.

Das Bild 1 zeigt das Oszillogramm eines Abschaltvorgangs einer Hilfsschütz-Magnetspule, die zu einer "Schauerentladung" führt. Nach einer Schauerentladungsphase von etwa 250  $\mu\text{s}$  Dauer bildet sich eine gedämpfte Schwingung mit einem Scheitelwert von ca. 3,5 kV aus. Die Schauerentladungen bewirken auch einen starken Abbrand des mechanischen Schaltkontaktes.

Bild 1: Abschaltüberspannung einer unbeschalteten Hilfsschütz-Magnetspule 230 V, 50 Hz, 10 VA

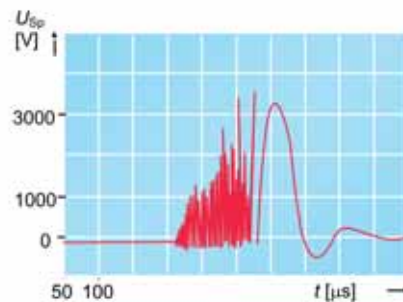


Figure 1: Disconnection overvoltage of an open-circuited contactor relay solenoid coil 230V, 50Hz, 10VA

### Development of overvoltages

Switching operations in inductive circuits, e.g. contactor coils, form the most common cause for the formation of overvoltages. These overvoltages, voltage peaks up to 4 kV, can rapidly attain high values. The consequences include:

- Strong contact erosion resulting in premature wear of the contacts switching the coil.
- Injection of interference signals which may cause spurious signals in electronic controls and lead to the destruction of electronic modules.

This is why the switching overvoltages of contactor coils are generally suppressed by means of a snubber circuit.

Figure 1 shows the oscillogram of a disconnection process with a contactor relay solenoid coil which leads to a "shower discharge". After a shower discharge phase with a duration of approx. 250  $\mu\text{s}$ , a dampened vibration with a peak value of approx. 3.5 kV develops. The shower discharges also effect a strong erosion of the mechanical switching contact.

# Practical TIPS

SIEMENS

Ferner können wegen der großen Steilheit der entstehenden Spannungsformen auf kapazitivem Wege erhebliche Störsignale in benachbarte Systeme eingekoppelt werden. Sie machen eine Beschaltung, direkt am Entstehungsort, d.h. an der Schützspule, der Störquelle erforderlich. Somit werden auch die Überspannungen direkt am Entstehungsort verhindert und die spannungsempfindlichen elektronischen Bauelemente geschützt. Auch die kapazitive Einkopplung von Störsignalen in Steuerleitungen elektronischer Schaltungen wird vermieden.

### Arten der Bedämpfung

Zur Überspannungsbedämpfung sind im wesentlichen folgende Beschaltungsglieder gebräuchlich, die parallel zur Schützspule geschaltet werden:

- RC-Glied (Widerstand und Kondensator in Reihe)
- Freilaufdiode, Diodenkombination
- Varistoren

### TIPP:

Hohe Bedämpfung  $\Rightarrow$  hohe Ausschaltverzögerung  
 Geringe Bedämpfung  $\Rightarrow$  geringe Ausschaltverzögerung

### Beschaltung mit RC-Gliedern

RC-Glieder werden überwiegend zur Beschaltung von wechselstrombetätigten Schützen verwendet. Der Einsatz bei gleichstrombetätigten Schützen ist auch möglich.

Bild 2: Prinzipschaltbild RC-Glied

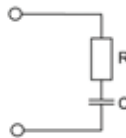


Figure 2: Schematic diagram RC element

Die Erhöhung der an der Spule wirksamen Kapazität verringert die Amplitude auf das zwei bis dreifache der Steuerspannung sowie die Steilheit der Schaltüberspannung, so dass keine Schauerentladungen mehr auftreten. Die Spannung schwingt kurzzeitig auf 400 V und läuft dann langsam aus. Die RC-Beschaltung schützt damit speziell  $du/dt$ -empfindliche Ausgangsstufen vor ungewolltem Durchschalten.

### Hinweis:

Richtig ausgewählte RC-Glieder beeinflussen die Schaltzeiten der Schütze nur unwesentlich - Ausschaltzeitverzögerung unter 1 ms.

In Bild 3 ist der Spannungsverlauf bei der beschalteten Hilfsschütz-Magnetspule, aus Bild 1, mit einem passenden RC-Glied dargestellt.

Bild 3: Abschaltüberspannung einer Hilfsschütz-Magnetspule 230 V, 50 Hz, 10 VA bei einer Beschaltung mit RC-Glied 110  $\Omega$ , 0,22  $\mu$ F.

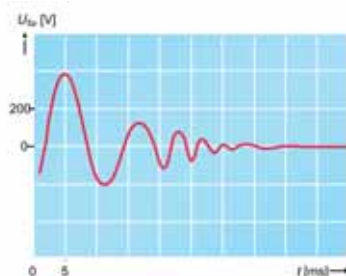


Figure 3: Disconnection overvoltage of a contactor relay solenoid coil 230V, 50Hz, 10VA in a snubber circuit with RC element 110  $\Omega$ , 0.22  $\mu$ F.

Moreover, considerable interference signals may be injected into adjacent systems in the form of capacitive coupling due to the great steepness of the developing voltage waveshape. This necessitates a snubber circuit directly at the interference source's point of origin, i.e. at the contactor coil. This also prevents the formation of overvoltages directly at the point of origin and protects the voltage-sensitive electronic components. In addition, the capacitive injection of interference signals into the control lines of electronic circuits is avoided.

### Suppression methods

For overvoltage suppression, the following snubber elements, which are connected in parallel to the contactor coil, are generally used:

- RC element (resistor and capacitor in series)
- Free-wheeling diode, diode combination
- Varistors

### TIP:

High suppression  $\Rightarrow$  long switch-off delay  
 Low suppression  $\Rightarrow$  short switch-off delay

### Snubber circuit with RC elements

Even though RC elements are mainly used for the snubber circuits of AC-operated contactors, they can also be employed for DC-operated contactors.

The increase of the capacitance acting upon the coil reduces the amplitude to the double or triple control voltage as well as the steepness of the switching overvoltage, thanks to which shower discharges are eliminated. The voltage oscillates to 400 V for a short time and then slowly phases out. The RC snubber circuit especially protects the  $du/dt$ -sensitive output levels against unintended interconnection.

### Note:

Correctly selected RC elements only have a minor influence on the contactors' switching times with a switch-off time delay of less than 1 msec.

Figure 3 shows the circuited voltage curve of the contactor relay solenoid coil shown in Figure 1 with a suitable RC element.

## Beschaltung mit Dioden

### Hinweis:

Durch Diodenbeschaltung lassen sich nur bei gleichstrombetätigten Schützen die Ausschaltüberspannungen vermeiden. Beim Anschluss ist auf die richtige Polarität zu achten.

## Beschaltung mit einer Freilaufdiode

Durch die Beschaltung mit einer Diode entstehen keine Schaltüberspannungen mehr, die Diode begrenzt auf 0,7 V.

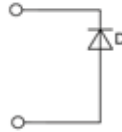


Bild 4: Prinzipschaltbild einer Freilaufdiode

Figure 4: Schematic diagram of a free-wheeling diode

### Hinweis:

Dioden verursachen allerdings eine Verlängerung des Ausschaltverzugs, der Ausschaltzeit, um den Faktor 6 bis 9. Diese Eigenschaft kann vorteilhaft genutzt werden, wenn z.B. kurzzeitige Spannungseinbrüche im Bereich einiger Millisekunden zu überbrücken sind. Technisch sinnvoll sind Freilaufdioden nur bis zu einer Leistung von 5,5 kW. Für größere Leistungen empfehlen wir die Beschaltung mit einer Diodenkombination.

Hier ist der Spannungsverlauf bei der beschalteten Hilfsschütz-Magnetspule aus Bild 1 mit einer passenden Freilaufdiode dargestellt.

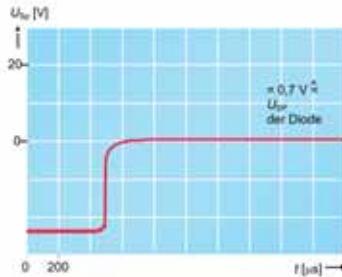


Bild 5: Abschaltüberspannung einer Hilfsschütz-Magnetspule 24 V DC, 3 W bei einer Beschaltung mit einer Freilaufdiode.

Figure 5: Disconnection overvoltage of a contactor relay solenoid coil 24 V DC, 3 W in a snubber circuit with free-wheeling diode.

## Beschaltung mit einer Diodenkombination Diode/Zenerdiode

Auch bei der Beschaltung der Schützspule mit einer Diodenkombination, bestehend aus Diode und Zenerdiode, entstehen keine Schaltüberspannungen mehr; die Diodenkombination begrenzt die Spannung auf 10 V.

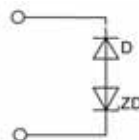


Bild 6: Prinzipschaltbild einer Diodenkombination

Figure 6: Schematic diagram of a diode combination

### Hinweis:

Die Verwendung einer Diodenkombination führt allerdings zur Verlängerung des Ausschaltverzugs, der Ausschaltzeit, um den Faktor 2 bis 6.

In Bild 7 ist der Spannungsverlauf bei der beschalteten Hilfsschütz-Magnetspule aus Bild 1 mit einer passenden Diodenkombination dargestellt.

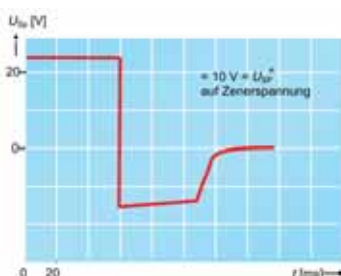


Bild 7: Abschaltüberspannung einer Hilfsschütz-Magnetspule 24 V DC, 3 W bei einer Beschaltung mit einer Diodenkombination.

Figure 7: Disconnection overvoltage of a contactor relay solenoid coil 24 V DC, 3 W with a diode combination snubber circuit.

## Snubber circuit with diodes

### Note:

A snubber circuit with diodes only facilitates the prevention of disconnection overvoltages with DC-operated contactors. The correct polarity has to be observed for connection.

## Snubber circuit with free-wheeling diodes

By employing a snubber circuit with a diode, switching overvoltages are eliminated as the diode limits the maximum value to 0.7 V.

### Note:

However, diodes cause a prolonged switch-off delay, thereby increasing the switch-off time by factor 6 to 9. This characteristic can be exploited if, for example, short-term voltage drops in the range of some milliseconds have to be bridged.

Free-wheeling diodes are only technically reasonable up to a power rating of 5.5 kW. For higher ratings, we recommend a snubber circuit with a diode combination.

This diagram shows the voltage curve of the circuited contactor relay solenoid coil from Figure 1 with a suitable free-wheeling diode.

## Snubber circuit with a diode combination diode/Zener diode

Also when protecting the contactor coil with a diode combination consisting of diode and Zener diode, switching overvoltages are eliminated. The diode combination limits the voltage to 10 V.

### Note:

However, the diode combination leads to a prolonged switch-off delay, thereby increasing the switch-off time by factor 2 to 6.

Figure 7 shows the voltage curve of the circuited contactor relay solenoid coil from Figure. 1 with a suitable diode combination.

## Beschaltung mit Varistoren

Varistoren, spannungsabhängige Widerstände, begrenzen die maximale Höhe der Überspannung, da sie ab einer bestimmten Schwellenspannung leitfähig werden. Bis dahin treten Schauerentladungen, ähnlich wie bei der unbeschalteten Magnetspule auf, jedoch mit kürzerer Gesamtdauer.

Im Unterschied zum RC-Glied verringern sie nicht die Steilheit des Spannungsanstiegs. Varistoren sind für gleich- und wechselstrombetätigte Schütze verwendbar.

## Snubber circuit with varistors

Varistors, voltage-dependent resistors, limit the maximum value of the overvoltage as they become conductive when a specific threshold voltage is reached. Up to then, shower discharges similar as with the non-circuited solenoid coil occur, however with a shorter overall duration.

As opposed to the RC element, varistors do not reduce the steepness of the voltage rise. Varistors can be used for DC- and AC-operated contactors.

Bild 8: Prinzipschaltbild eines Varistor

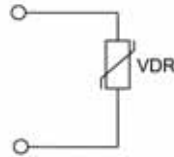


Figure 8: Schematic diagram of a varistor

In Bild 9 ist der Spannungsverlauf bei der beschalteten Hilfsschütz-Magnetspule aus Bild 1 mit einem passenden Varistor dargestellt.

Figure 9 shows the voltage curve of the circuited contactor relay solenoid coil from Figure 1 with a suitable varistors.

### Hinweis:

Varistoren verlängern die Ausschaltzeit des Schützes um ca. 2 - 5 ms.

### Note:

Varistors increase the contactor's switch-off time by approx. 2 - 5 msec.

Bild 9: Abschaltüberspannung einer Hilfsschütz-Magnetspule 230 V, 50 Hz, 10 VA bei einer Beschaltung mit 275-V Varistor (Anfangsbereich: die Spannung wird nach etwa 3 ms zu Null).

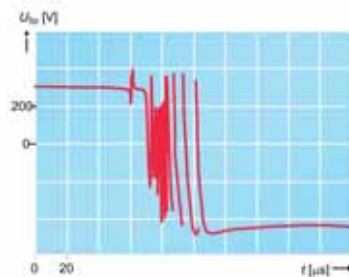


Figure 9: Disconnection overvoltage of a contactor relay solenoid coil 230 V, 50 Hz, 10 VA in a snubber circuit with 275 V varistors (start range: the voltage drops to zero after approx. 3 msec).

Tabelle 1: Übersicht mit Vor- und Nachteilen der Beschaltungsvarianten

Table 1: Overview of the advantages and disadvantages of the circuit

Beschaltung der Last Snubber circuit of the load	Steuerspeise-Spannung Control supply voltage	zusätzliche Abfallverzögerung Additional OFF delay	definierte Induktionsspannungsbegrenzung Defined induction voltage limiting	Vorteile / Nachteile Advantages / disadvantages	bevorzugte Anwendung Preferred application
Diode Diode	DC DC	groß Long	ja ( $U_D$ ) Yes ( $U_D$ )	Vorteile: Advantages: • Einfache Realisierung • easy realization • Zuverlässig • reliable • Unkritische Dimensionierung • uncritical dimensioning • Kleine Induktionsspannung • small induction voltage • Hohe Abfallverzögerung Nachteile: Disadvantages: • long OFF delay • Nur für Baugröße 00 / S00 geeignet • only suitable for size 00 / S00	Instabile Steuerbefehle / Steuerspeisespannung Instable control commands / control supply voltage
Dioden- kombination Diode- combination	DC DC	mittel Medium	ja ( $U_{ZD}$ ) Yes ( $U_{ZD}$ )	Vorteile: Advantages: • Unkritische Dimensionierung • uncritical dimensioning Nachteile: Disadvantages: • Bedämpfung nur oberhalb von $U_{ZD}$ (10 V) • suppression only above $U_{ZD}$	EMV-kritische Komponenten im Umfeld EMC-critical components in the vicinity
Varistor Varistor	AC / DC AC / DC	Klein 2 - 5 ms Short 2 - 5 msec	ja ( $U_{VDR}$ ) Yes ( $U_{VDR}$ )	Vorteile: Advantages: • Energie - Absorption • energy - absorption • Unkritische Dimensionierung • uncritical dimensioning • Einfache Realisierung • easy realization Nachteile: Disadvantages: • Bedämpfung nur oberhalb von $U_{VDR}$ • suppression only above $U_{VDR}$	Passend für die meisten Standardanwendungen, z.B. im Umfeld von SIMATIC Suitable for most e.g. in the vicinity of standard applications, SIMATIC
RC-Glied RC element	AC / DC AC / DC	sehr klein 1 ms Very short 1 msec	nein No	Vorteile: Advantages: • HF-Dämpfung durch Energie- speicherung • RF suppression through energy storage • Gut für Wechselspannung geeignet • suitable for AC voltage • Pegelunabhängige Bedämpfung • level-independent suppression Nachteile: Disadvantages: • Hoher Einschaltstrom • high inrush current • Empfindlich bei Oberwellen • sensitive to harmonics	Bei kritischen Schaltzeiten With critical switching times

Literaturverzeichnis/literature: [1] Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen, Fachbuch Siemens

## Erweiterung zum Fachbericht „Überspannungsbedämpfung von Schützen“ aus „Grundlagen der Niederspannungs-Schaltechnik“ der Siemens AG, Stand 2008, Kapitel 21H

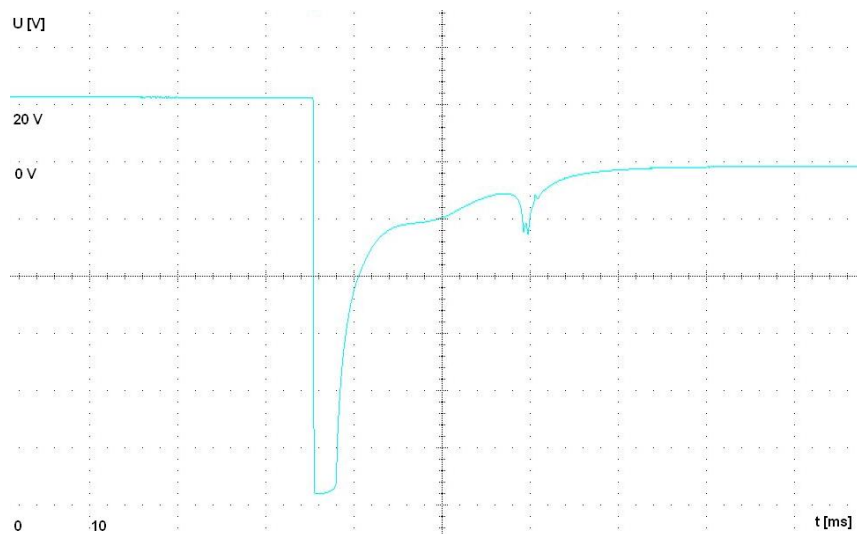
Zur Überspannungsbedämpfung sind im Wesentlichen folgende Beschaltungsglieder gebräuchlich, die parallel zur Schützspule geschaltet werden:

- RC-Glied (Widerstand und Kondensator in Reihe)
- Freilaufdiode, Diodenkombination
- Varistoren
- Suppressordiode

### Beschaltung mit Suppressordiode:

Suppressordioden, parallel zur Spule geschaltet, begrenzen die maximale Höhe der Überspannung, da sie ab einer bestimmten Durchbruchspannung leitfähig werden.

Im Unterschied zum RC-Glied verringern sie nicht die Steilheit des Spannungsanstiegs. Sie sind für gleich- und wechselstrombetätigte Schütze verwendbar und beeinflussen die Schaltzeiten nur unwesentlich.



In Bild 7 ist der Spannungsverlauf bei der beschalteten Hilfsschütz-Magnetspule aus Bild 1 mit einer passenden Suppressordiode dargestellt.  
**Beispiel:** Abschaltüberspannung einer Hilfsschütz-Magnetspule 24 VDC, 2,8 VA bei einer Beschaltung mit 110-V Suppressordiode.

Tabelle 1: Übersicht mit Vor- und Nachteilen der Beschaltungsvarianten

Beschaltung der Last	Steuerspeise -spannung	zusätzliche Abfallverzögerung	definierte Induktionsspannungsbegrenzung	Vorteile/Nachteile	bevorzugte Anwendung
Suppressordiode (bidirektional)	AC/DC	klein 1 - 5 ms	ja ( $U_{BR}$ )	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- unkritische Dimensionierung</li> <li>- einfacher Aufbau</li> <li>- verpolungssicher</li> <li>- kurze Ansprechzeit</li> </ul> <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bedämpfung nur oberhalb von <math>U_{BR}</math></li> </ul>	Passend für die meisten Standardanwendungen, z.B. im Umfeld von SIMATIC