

## **Anzugsstromreduzierung von AC-Elektromagneten, und Verschleiß-Minderung von Schützkontakten, durch Schalten der Magnetspule mit elektronischer Vormagnetisierung, mit einem TSRL, (Trafo Schalt Relais Lowcost).**

### **Stand der Technik.**

**Beim Bestromen von Elektromagneten mit Wechselstrom fließt ein mehr oder wenig stark überhöhter Anzugsstrom. Weshalb ist der Anzugsstrom aber einmal größer und einmal kleiner? Auch das Anzugsgeräusch ist dabei unterschiedlich laut. Ausserdem gilt:**

Schützkontakte schließen immer mehr oder weniger prellend, das heißt nach der ersten Berührung der Kontakthälften trennen sich diese noch mehrmals, um sich sogleich wieder zu berühren, usw. Siehe **Bild 1**. Dieser Vorgang läuft bei jedem Kontaktschließvorgang mehrmals ab und dauert nur wenige Millisekunden. Es findet ein gedämpfter elastischer Stoß statt, weil die Geschwindigkeit des bewegten Kontaktstücks kurz vor dem Auftreffen am höchsten ist und weil die Kontakteile federelastisch sind. Auch der nach der ersten Kontaktberührung weiterlaufende „Überhub“ des Ankers, der die Kontakthälften zunehmend stärker zusammendrückt, kann diese anfängliche Prellerscheinung nicht vollkommen verhindern. Das Prellen bewegt sich, je nach Größe des Schütz, zwischen 0,5 und 5 Millisekunden. Zieht der Anker schnell an wird das Prellen größer und umgekehrt. Der Anker zieht unterschiedlich schnell an, was schon am Geräusch festgestellt werden kann.

Die Ursache des unregelmäßig schnellen Anziehens des Ankers ist die unterschiedlich große Stromaufnahme der Spule des Anker-elektromagneten. Bei großer Stromaufnahme zieht der Anker schneller an. Der AC Elektromagnet ist einem Transformator mit großem Luftspalt ähnlich, hat jedoch keine Sekundärspule. Daß Transformatoren beim Einschalten mal kleine große Einschaltstromstöße verursachen ist hinlänglich bekannt. Gerät das Eisen des Elektromagneten beim Einschalten in Sättigung, ist der Strom größer und damit die Anzugskraft höher. Die Kontakte prellen stärker, weil der Anker schneller angezogen wird und damit seine Auftreffenergie größer ist.

Die Sättigung wird hervorgerufen durch Einschalten mit derselben Netz-Spannungs-Halbwellen-Polarität; mit der vorher ausgeschaltet wurde. Dann muß das Eisen durch die Netzwechselfspannung nicht ummagnetisiert werden und setzt dem Stromfluß keinen oder nur einen geringen induktiven Widerstand entgegen. Der Elektromagnet verhält sich bei Eisenkernsättigung während dieser Spannungshalbwellen wie eine Luftspule, welche den Strom nur mit Ihrem Kupferwiderstand begrenzt.

**Daß mit den patentierten TSR**, alle Typen von Transformatoren ohne Einschaltstromstoß eingeschaltet werden können, wird schon seit Jahren in der Fachpresse veröffentlicht und von zahlreichen Anwendern bestätigt. Dabei wird der Trafo jedesmal durch ein kurzzeitiges Vormagnetisieren vor dem Einschalten in eine definierte Remanenzlage gebracht und dann gegenphasig dazu eingeschaltet. Die Sättigung des Eisens beim Einschalten wird damit zuverlässig vermieden. Seit 14 Jahren sind TSR auf dem Markt, mit denen Trafos ohne Stromstoß eingeschaltet werden. Sie werden inzwischen von vielen Anwendern erfolgreich eingesetzt. Die TSRL sind bei richtiger Absicherung sogar kurzschlußfest und damit sehr robust. Es liegt nun also nahe, auch die Elektromagneten der Schützantriebe oder von großen Magnetventilen ohne Stromstoß einzuschalten und damit den Schütz weniger prellen zu lassen oder den Anzugsstrom zu reduzieren. Die Folge sind eine größere Lebensdauer der Kontakte und somit geringere Instandhaltungskosten.

Schaltungsvorschläge, Datenblätter usw. sind auf [www.emeko.de](http://www.emeko.de) zu sehen.

**Wird zum Beispiel ein großes Magnetventil** von einer kleinen USV gespeist so ist die Einschaltung des Ventils über ein TSR geradezu zwingend nötig, soll doch die USV nicht unnötig überdimensioniert werden.

### **Anwendungen für prellarme Schützkontakte.:**

Gerade bei Elektromotoren größerer Leistung werden häufig Stern-Dreieck Umschalt Schützkombinationen oder Direkteinschalter zum Einschalten der Motore verwendet. Die Kontaktbelastung entspricht dabei AC3. Das bezeichnet die Belastung mit erhöhtem Anlaufstrom. Tritt während dem Einschalten das Prellen und die erhöhte Strombelastung auf, so ist der Kontaktverschleiß beträchtlich. Dem trägt die Konstruktion des

Schützes zwar Rechnung, jedoch ist die Lebensdauer eines Kontaktsatzes bei Prellfreiheit deutlich größer, was Reparatur- und Austauschkosten spart. Bei Leistungsschützen für Motore mit z.B. 160kW in Kälteanlagen die ohne Pufferspeicher arbeiten und damit häufig ein und ausschalten kann es sein, daß die Kontaktsätze schon nach 2 Jahren verschlissen sind. Die Kosten für einen neuen Kontaktsatz betragen ca. 300.-€ soviel wie ein neuer Schütz. Mit prellarmem Kontaktschließen würde der Kontaktsatz sicher die 3-4 fache Zeit halten. Der zum prellarmen Schalten nötige TSRL für die Spulenansteuerung kostet unter 70.-€ Es lohnt sich also für den Endanwender, den TSRL sofort auch bei Neuanlagen einzubauen.

Wenn ein neuer Austauschschütz oder Kontaktsatz 300.-€ kostet und nach 2 Jahren gewechselt werden muß, wenn der Schütz prellend geschaltet wird, dann hat sich die Ansteuerung mit dem TSRL, bei Preisen unter 70.-€ schon im ersten Jahr amortisiert.

Eine „Unter Dimensionierung“ des Kontaktsatzes und des Schützes, wird nicht empfohlen, da auch mit dem Vormagnetisierschalter unter hundert Schließvorgängen einer mit geringem Prellen auftreten kann, den der Kontaktsatz dann ohne zu verschweißen aushalten muß.

(Ein namhafter Hersteller von Schützen hat dem prellarmen Kontaktschließen bei großen Schützen inzwischen Rechnung getragen. Er bietet eine microcomputer gesteuerte Anzugsgeschwindigkeits-optimierung gleich komplett mit großen Schützen für einen deutlichen Mehrpreis an.)

Die folgenden Diagramme, **Bild 1 bis 5**, belegen die Aussagen eindeutig. Es wurden diese Messungen an verschiedenen AC Spulen-Schützen von verschiedenen Herstellern wiederholt, wobei immer das gleichen Ergebnis gemessen wurde.

### Neues Verfahren zum Ansteuern von Schützen:

Die durch den TSRL auf die Schützspule beaufschlagte Vormagnetisierung von zwei angeschnittenen unipolaren Halbwellen veranlaßt diese, ihren Anker zwar langsamer jedoch genauso kraftvoll anzuziehen wie ohne Vormagnetisierung. Der Ankerstrom verläuft mit Vormagnetisierung jedoch gleichmäßiger und die Kontakte treffen weniger schnell aufeinander. Das ist auch an der etwas größeren Anzugszeit zu sehen. Siehe **Bilder 3 und 4**.

Abbildungen unten, aufgenommen an einem 200A Schütz mit 230V ac Schützspule.

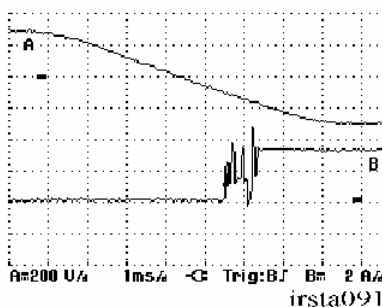
#### Schließvorgang mit Prellen der Kontakte.

A= Spannung an der Schützspule,

**B= Strom durch den Schützkontakt.**

Das mehrfache Ansteigen und Abfallen des Stromes durch den Kontakt, kennzeichnet das Prellen.

**Bild 1**



Das Prellen dauert ca. 1 Millisekunde.

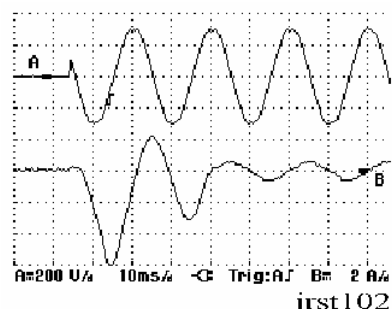
#### Schließvorgang mit Prellen der Kontakte.

A= Spannung an der Schützspule,

**B= Strom durch die Schützspule.** Das plötzliche

Kleinerwerden des Stromes kennzeichnet das Auftreffen des Ankers auf seinem Gegenpol. Die Stelle wird auch als Ankerrückwirkungsknick bezeichnet.

**Bild 2**



Die Anzugszeit beträgt ca. 40 Millisekunden.

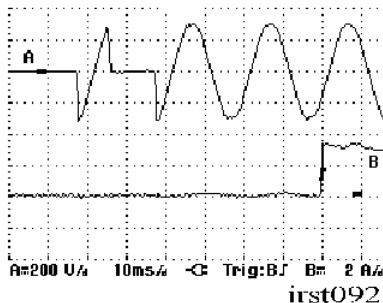
Der Strom durch die Schützspule in dem **Bild 2** beträgt im Scheitel 6Apeak und ist stark asymmetrisch und am Anfang 3 fach höher als am Ende.

**Schließvorgang ohne Prellen der Kontakte.**

A= Spannung an der Schützspule,

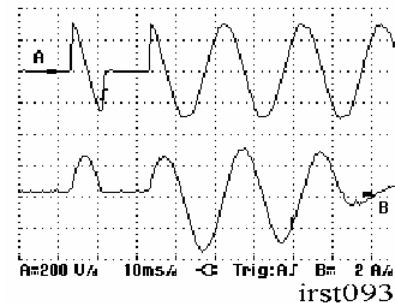
**B= Strom durch den Schützkontakt.**

Das mehrfache Ansteigen und Abfallen des Stromes durch den Kontakt, ist hier durch die Einschaltung beseitigt.

**Bild 3****Schließvorgang ohne Prellen der Kontakte.**

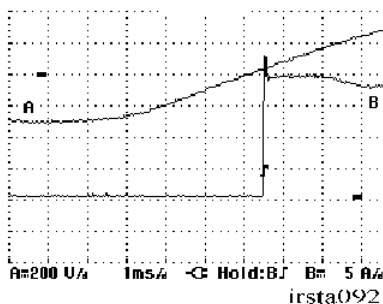
A= Spannung an der Schützspule,

**B= Strom durch die Schützspule.** Das plötzliche Kleinerwerden des Stromes kennzeichnet das Auftreffen des Ankers auf seinem Gegenpol. Die Stelle wird auch als Ankerrückwirkungsknick bezeichnet.

**Bild 4**

Der Strom durch die Schützspule in der **Abbildung 4**, beträgt im Scheitel  $3A_{peak}$ . Im Vergleich zur Abbildung ohne Vormagnetisierung, **Bild 2**, ist bei **Bild 4** der Strom durch die Schützspule **nur halb so groß und in allen Halbwellen annähernd gleichgroß**, was einer gleichmäßigeren Beschleunigung gleichkommt. Das Geräusch des Ankeranzugs ist mit Vormagnetisierung leiser und weicher.

Die Anker- und die Kontaktaufreffenergie ist geringer als ohne Vormagnetisierung. Die Anzugszeit in **Bild 4**, mit 5 Halbwellen, = 50 Millisekunden, ist größer als ohne Vormagnetisierung in **Bild 2**, wo der Anker nach drei Halbwellen = 30 msec. auftrifft. Daraus läßt sich schließen, daß die Anzugsgeschwindigkeit mit Vormagnetisierung geringer ist, was eine geringere Kontaktaufreffenergie verursacht und damit die Prellarmut erklärt. In **Bild 3 und 5** ist kein Prellen zu sehen.

**Bild 5**

Das **Bild 5** zeigt den prellfreien Kontaktschließvorgang im gedehnten Zeitmaßstab.

A= Spannung an der Schützspule,

B= Strom durch die Schützkontakte.

Es ist kein Prellen zu sehen.

**Fazit: Gerade bei größeren Schützen**, welche eine Anzugszeit größer gleich 30 mSec. haben, ist durch die Vormagnetisierung des Elektromagneten und dem anschließenden angeschnittenen Voll-Einschalten im annähernden Scheitel der Netzspannung ein weicheres und vor allem prellarmes Einschalten festzustellen. Diese Eigenschaft ist konstant bei allen Netzspannungshöhen, welche laut Toleranz für den Schützantrieb zulässig sind.

Es ergeben sich Kosteneinsparungen, weil die Kontaktsätze deutlich länger halten. (—Ein TSRL kostet weniger als 70.-€—) Gerade beim Schließen mit dem bisher unvermeidlichen Prellen unter erhöhtem Anlaufstrom von Motoren läßt sich ein deutlich geringerer Kontaktverschleiß voraussagen. ( Bei Stern Dreieck Startern entstehen beim Einschalten des Dreieck Schützes Stromspitzen von mehr als dem 10 fachen des Nennstromes. Ein dabei prellender Kontakt wird deshalb stärker beansprucht als ein prellfrei schließender Kontakt.)

Die mechanische Lebensdauer von Schützen wird durch den weicheren Schließvorgang mit geringeren Kräften ebenfalls verlängert. Ein neuer Kontaktsatz oder Schütz kostet bei einem 200A Schütz ca. 300.-€ Wenn er ohne TSRL Ansteuerung nur 2 Jahre hält , mit prellarmem Schalten jedoch 5 Jahre, werden in 5 Jahren 600.-€eingespart. Gegenüber den Kosten des TSRL von ca. 70.-€ welche einmalig in ca. 12 Jahren anfallen. Die Lebensdauer des TSRL übersteigt die des Schützes auch bei prellarmem Schalten.

**Die bisher durch R-C-Glieder** vorgenommene Schutzbeschaltung von Schützspulen kann mit der Anwendung der TSRL entfallen, weil die Schutzbeschaltung bereits in dem TSRL enthalten ist und beim Aus-Schalten im Stromnulldurchgang die EMV Energie gering ist. Der Kleinschütz zum Schalten der großen Schützspule kann natürlich auch entfallen, weil der TSRL direkt von einem Relais in der SPS oder über den Ausgangstransistor eines Optokopplers in der SPS angesteuert werden kann. Der TSRL erfüllt dann die Aufgabe eines Koppelschützes mit besonderer Funktion.

Für neu zu projektierende Schützsteuerungen kann **der nötige Steuertrafo**, der die 230V Spulenspannung potentialfrei zur Verfügung stellt, kleiner ausgelegt werden, weil der Anzugstrom wie im Beispiel oben durch die Vormagnetisierung halbiert wird. (Wenn große Schütze von einem Steuertrafo gespeist werden, richtet sich die Größe des Steuertrafos in der Regel nach der Anzugleistung des größten Schützes.)

#### **Vergleich mit dem Schalten von Transformatoren:**

Auch Elektromagnete verhalten sich hinsichtlich des Einschaltstoßes von der Physik her wie Transformatoren, in diesem Fall mit Luftspalt. ( Bei Elektromagneten beträgt der Einschaltstromstoß wie oben zu sehen ist, das ca.12-15 mal des Nennstroms, der hier dem Leerlaufstrom im angezogenen Zustand entspricht. Bei Transformatoren beträgt der Einschaltstrom bei Luftspaltfreiheit jedoch bis zum 50 fachen desNennstromes.) Die TSRL sind speziell für Transformatoren entwickelt worden. Diese werden damit ohne den typischen Einschalt-Stromstoß eingeschaltet.

Die Unterschiede zwischen dem physikalisch richtigen Einschalten mit Vormagnetsierung und dem zufälligen Einschalten ohne Rücksicht auf die Remanenz im Eisen des Elektromagneten sind bei Elektromagneten jedoch deutlich geringer als bei Trafos. Die Ursache ist der große Luftspalt, den ein Elektromagnet in Ruhe im Einschaltmoment hat. Hierfür ist das Einschalten im Scheitel der Netzspannung die geeignete Methode, da die magnetische Remanenz nahe dem Nullpunkt in der Hysteresekurve liegt. (Siehe bereits veröffentlichte Fachaufsätze des Verfassers zu diesem Thema.) Die Abbildungen oben beweisen die Schilderung der physikalischen Vorgänge eindrucklich. Die Speisung mit 2 Scheitelpulsen gleicher Polarität kommt einer starken Vormagnetisierung und Ausrichtung der Magnetisierung im Eisen gleich.

Die TSRL sind patentiert und bei Fa .FSM-AG in Kirchzarten bei Freiburg zu beziehen.

Mit freundlichen Grüßen

M.Konstanzer , 17.02.99