



Thema: Modifizierung der Erregerstrom- Kommutierung während des Kanalwechsels an
Subject: redundanten Erregersystemen

Datum: 28.08.2018
Date:

Während eines Kanalwechsels an redundanten Erregersystemen wird der fließende Erregerstrom von einem Erregerkanal auf den anderen Kanal umgeschaltet.

Diese Umkommutierung des Erregerstroms erfolgt durch entsprechende Schaltgeräte in Form von DC- oder AC- Schützen, die an jedem Kanalausgang der redundanten Struktur angeordnet sind. Während einer Kanal-Umschaltung wird dabei die Feldwicklung der Erregermaschine von so genannten RG- Generatoren an den DC- Ausgang des jeweils angewählten Erregerkanals angeschaltet und gleichzeitig der Ausgang des zuvor aktiven Erregerkanals vom DC- Kreis galvanisch getrennt.

Bisher sind wir davon ausgegangen, dass die kurzzeitige Erregerstrom- Lücken in der Größenordnung von 100 – 200 ms systembedingt sind und durch die Ab- und Auf- Regelvorgänge in den einzelnen Erregerkanälen sowie durch die kurzzeitige Öffnung des sekundären Erregerkreises während des Kontaktwechsels in den Schaltgeräten verursacht werden, systembedingt und daher unveränderbar sind.

Das Qualitätskriterium war dabei, dass die Umkommutierung des Erregerstroms von einem Erregerkanal zum anderen hinreichend schnell erfolgt, so dass die Amplitudenkonstanz der Generatorspannung nicht, oder nur in einem sehr geringen Maße davon beeinflusst wird.

Wie die Inbetriebnahme- Praxis bisher gezeigt hat, konnte die vorstehende Bedingung auch immer eingehalten werden, da die in der Regelstrecke eines RG- Generators enthaltenen Zeitkonstanten, beginnend an der Feldwicklung der Erregermaschine bis zu den Spannungs-Wandlern an der Generatorständerwicklung, in der Summe so groß sind, dass sich Erregerstrom- Lücken im Millisekunden- Bereich nur unwesentlich auf die Konstanz der Ständerspannung ausgewirkt haben.

Werden RG- Erregersysteme jedoch zweckentfremdet eingesetzt, wie zum Beispiel zur direkten Erregung von kleineren Synchronmaschinen über deren Läuferschleifringe, d.h. ohne vorgeschaltete Erregermaschinen, wirken sich natürlich die Erregerstrom- Lücken wesentlich deutlicher auf die Amplituden- Konstanz der Generatorspannung aus, weil die kleineren Zeitkonstanten diese Kommutierungs- Lücken nicht mehr ausgleichen können.

Bei einer kürzlich durchgeführten Inbetriebnahme eines redundanten Erregersystems an einem 42,9 MVA Generator wurde erstmalig ein Systemverhalten festgestellt, welches die vorstehenden Aussagen bezüglich der Entstehungsursachen der Erregerstrom- Lücken scheinbar in Frage stellt und dadurch ein Interesse bestand, die Ursachen dafür genauer zu untersuchen.

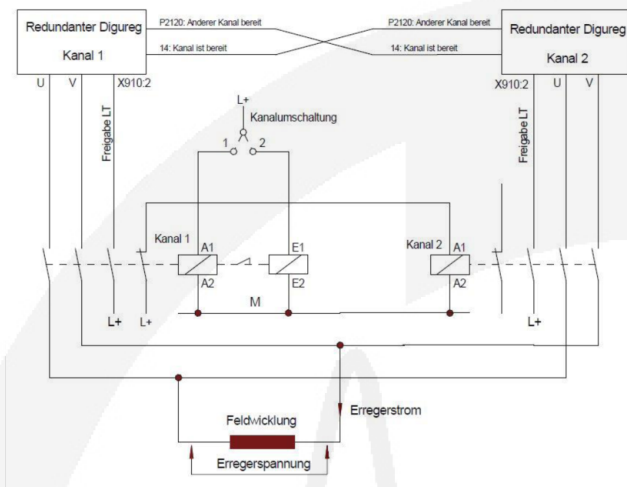
Bild 1 am Ende dieser Ausführungen zeigt die Verläufe der physikalischen Größen Generatorspannung, Erregerspannung und Erregerstrom in der Zeitebene während der Kanalumschaltung von Kanal 1 nach Kanal 2 und wieder zurück nach Kanal 1 an diesem Generator.

Wie in dem Schrieb zu erkennen ist, entsteht bei der Umschaltung von Kan.1 nach Kan.2 eine Erregerstrom- Lücke von ca. 200 ms und bei der Rückschaltung von Kan.2 nach Kan.1 ist diese Erregerstrom- Lücke nicht vorhanden.

Da es sich aber in beiden Fällen um dieselben Erregergeräte, mit absolut identischen Regler- Parametrierungen sowie den Eigenschaften der Ethernet- Kanalnachführung handelt, scheiden praktisch die Erregergeräte selbst als mögliche Ursache für die Strom- Lücken und damit das festgestellte Umschaltverhalten aus.

Daher konzentrierten sich die Untersuchungen von nun an auf die an den Digireg- Ausgängen befindlichen Schaltgeräte und deren Schaltverzugszeiten.

Nachfolgende Skizze zeigt die Schaltungs- Konfiguration der Ausgangsschütze auf dieser Anlage, die nicht der bisherigen Standardausführung entspricht.



Dabei muss erwähnt werden, dass bei diesem Projekt im Rahmen einer Retrofitmaßnahme nur die defekten RG3T4 Simovert- Geräte gegen zwei Digureg- Geräte ausgetauscht wurden und die nebenstehende Beschaltung der Ausgangsschütze dem damaligen originalen Siemens- Design entspricht, d.h. die Ansteuerung der beiden Umschalt- Schütze asymmetrisch erfolgt.

Bei der Umschaltung auf Kanal 1 wird dieses Schütz direkt angesteuert und verbindet damit den Digureg Kan.1 direkt mit der Feldwicklung der Erregermaschine. Gleichzeitig wird durch einen NC- Kontakt des Kanal- Schützes 1 der Kanal- Schütz 2 abgeschaltet und trennt den Digureg Kan.2 nach Ablauf seiner Schaltverzugszeit von der Feldwicklung. Durch diese Überlappung der Ein- und Ausschaltverzugs- Zeiten kommt es während des Kanalwechsels von Kan.2 nach Kan.1 offensichtlich nicht zur kurzzeitigen Unterbrechung im Erregerkreis und damit zur Ausbildung der Erregerstrom- Lücke.

Bei der Umschaltung von Kan.1 nach Kan.2 ist die Schließ- und Öffnungsreihenfolge grundsätzlich eine andere. Durch das Lösen der Verklüpfung des Kanalschützes 1 fällt dieser ab und danach wird über den NC- Kontakt der Kanalschütz 2 eingeschaltet. Dadurch kommt es zu einer realen, wenn auch nur kurzzeitigen Unterbrechung im Erregerkreis, wodurch die in Bild 1 sichtbare Erregerstromlücke entsteht.

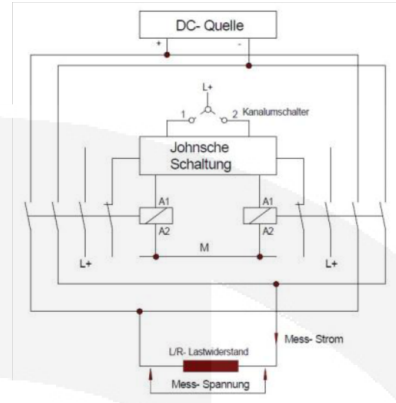
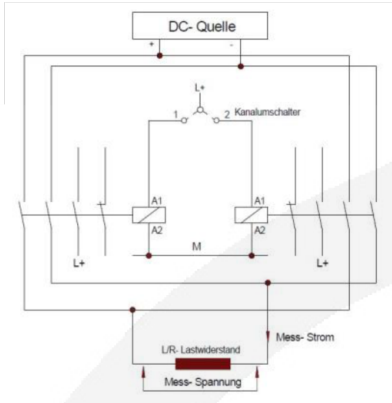
Zum einen ist damit die Ursache für das asymmetrische Verhalten während einer Kanalumschaltung begründet und zum anderen kann daraus die Schlussfolgerung abgeleitet werden, dass die bekannten Stromlücken nicht, wie bisher angenommen, durch die beiden Digureg- Geräte, deren Parametrierung und Funktion hervorgerufen werden, sondern ausschließlich das physikalische Schaltverhalten der beiden Ausgangsschütze und deren Ein- und Ausschalt- Verzugszeiten, die Erregerstrom- Lücken verursachen.

Aus dieser Erkenntnis heraus ergibt sich die Notwendigkeit, die sogenannte Standard- Beschaltung der Kommutierungsschütze an den Ausgängen der redundanten Erregergeräte, wie sie auch im Digureg- Handbuch dargestellt sind, entsprechend zu Ändern.

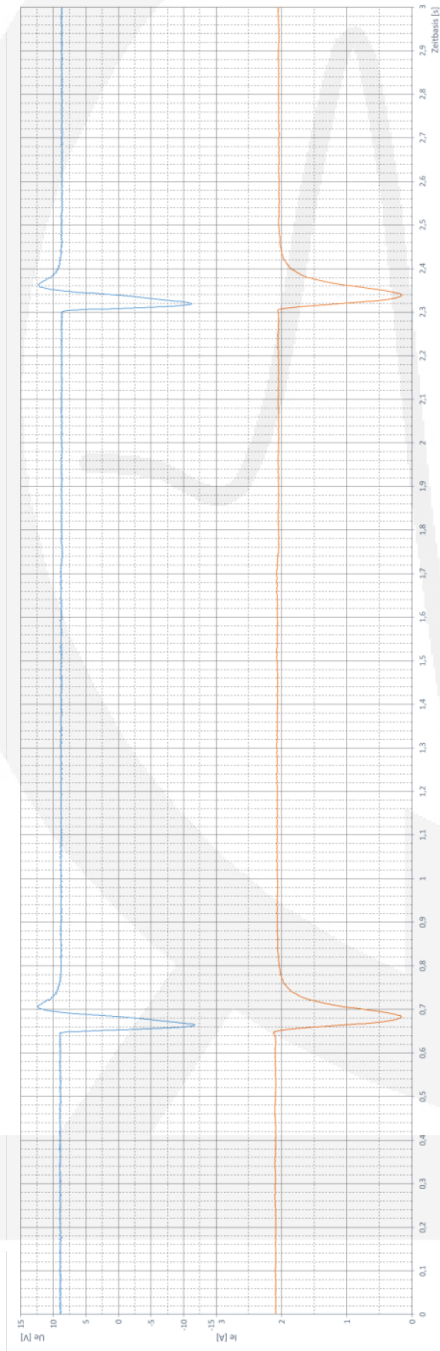
Diese Schütze an den Digureg- Ausgängen können nun nicht mehr, losgelöst von einander, vom bistabilen Kanalumschaltungsschütz angesteuert werden, sondern müssen eine zusätzliche interne Verriegelung erhalten, die das Ein- und Ausschaltverhalten in ein bestimmtes zeitliches Schema, d.h. eine gewisse Schaltreihenfolge erzwingt.

Im weiteren Verlauf nennen wir einmal diese Zwangsverriegelung mit Verlängerung der Ausschaltzeiten einfachheitshalber „Johnsche Schaltung“. Dieses Schaltungsprinzip bewirkt, dass die Ein- und Ausschaltvorgänge der Schütz- Kontakte in einer vorgegebenen Reihenfolge erfolgen. Dadurch werden die Ausgänge des an- und abgewählten Erregergerätes quasi zeitgleich mit der Feldwicklung verbunden bzw. von dieser getrennt, so dass es zu keinem Zeitpunkt zu einer kurzzeitigen Unterbrechung des Erregerkreises kommen kann.

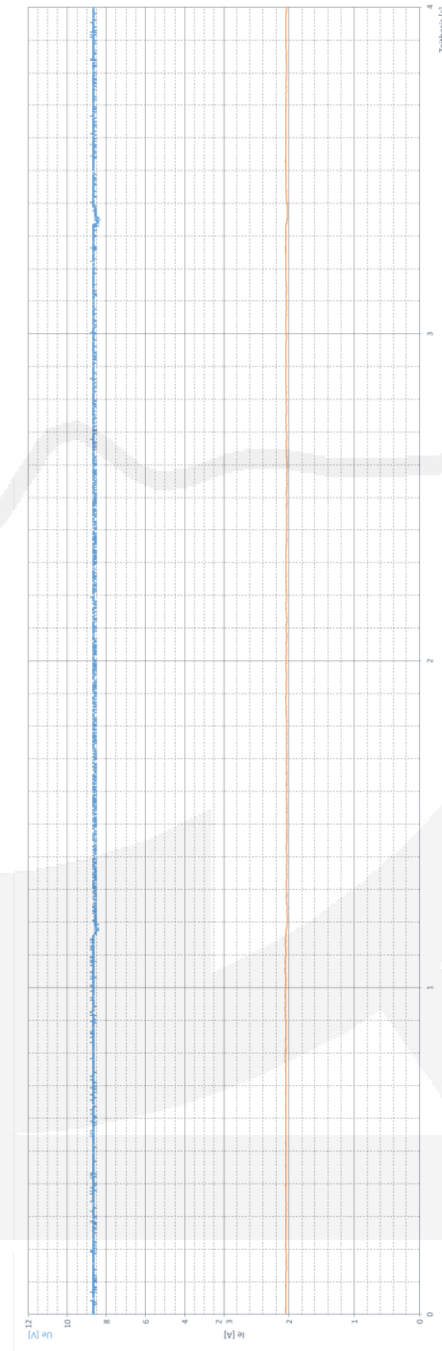
Die nachfolgenden Skizzen zeigen nochmal zur Verdeutlichung die bisherige Standardbeschaltung der Ausgangsschütze und die Ansteuerung durch die „Johnsche Schaltung“.



Systemantwort der obigen „Standard“ Schaltung

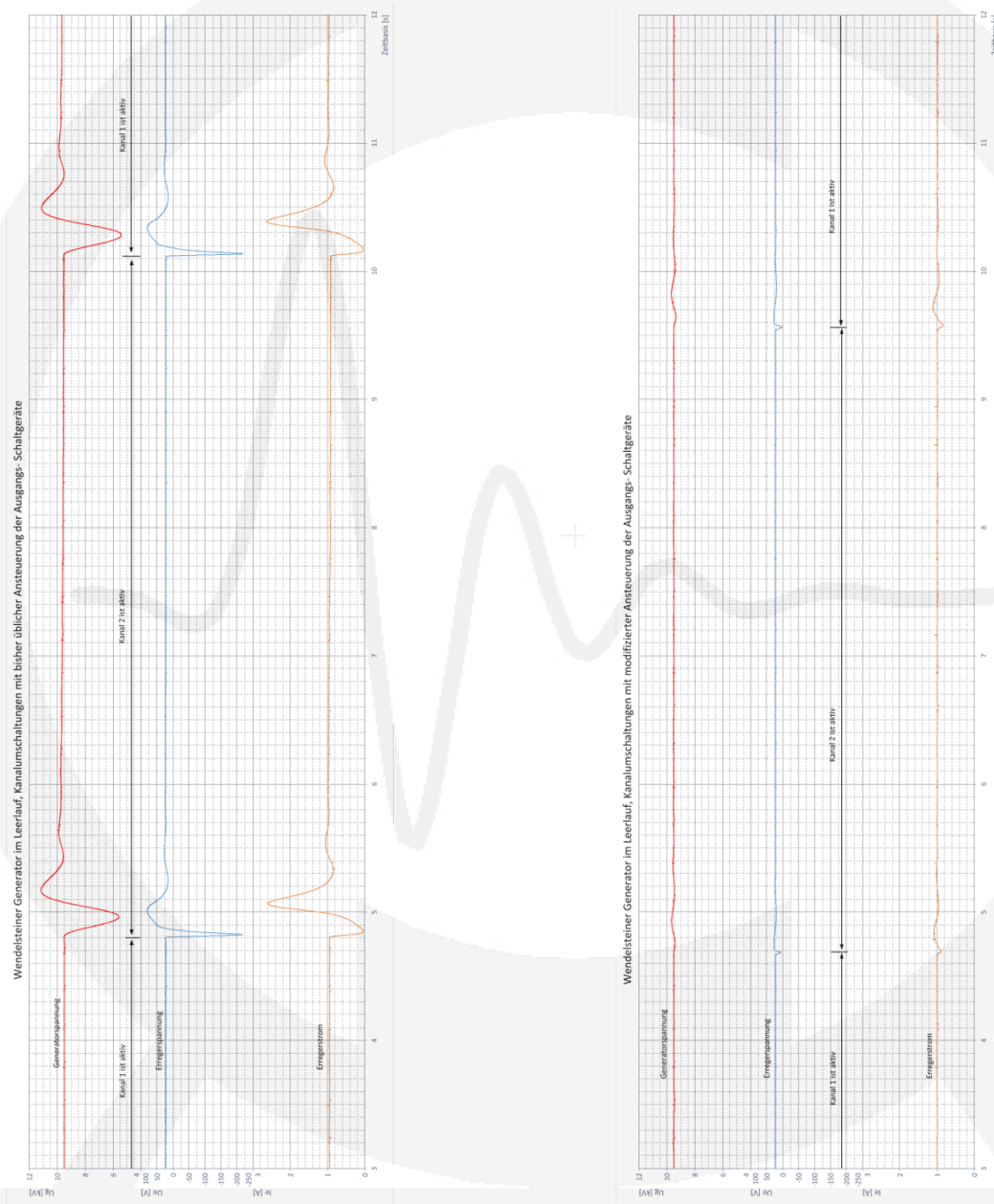


Systemantwort der obigen „Johnschen“ Schaltung



Während die vorstehenden Systemantworten nur die Spannung und den Strom an einer ohmsch-/ induktiven Last zeigen, wird dabei bereits die positive Wirkung der „Johnschen“ Schaltung deutlich erkennbar. Die nachfolgenden Systemantworten zeigen die Kanalschaltungen an einer realen, sich im Leerlauf befindlichen Synchronmaschine.

Die linke Systemantwort zeigt die Verläufe der physikalischen Größen mit der bisher üblichen Standard- Beschaltung der Digireg- Ausgänge. Die rechte Systemantwort zeigt das Systemverhalten mit der „Johnschen“ Modifizierung der Kommutierungsschütze.



Auf Grund der selbsterklärenden Eindeutigkeit der vorstehenden Systemantworten sind dazu keine weiteren Erläuterungen zur Sache selbst erforderlich.

Als notwendige Konsequenz daraus sollte die Modifizierung der Beschaltung von Kommutierungsschützen an den DC- Ausgängen redundanter RG- Erregersysteme als zukünftiger Standard in die jeweiligen Systemhandbücher übernommen werden.

Bild 1 zeigt den während einer redundanten Digureg Inbetriebnahme auf einer Anlage zufällig festgestellten Einflusses der Schaltverzugszeiten von Kommutierungsschützen auf die Systemverläufe, wodurch die vorstehend dargestellten Überlegungen und Versuche erst einmal angestoßen wurden.

