



Thema: Kompensation von schaltgruppenbedingten Winkeldifferenzen an Block-  
Transformatoren zum Parallelschalten von Synchrongeneratoren

Datum: 20.05.2017

Date:

Den Generatoren von Energieerzeugungsanlagen werden häufig Transformatoren nachgeschaltet, um die Spannungsebene der Generatoren an die des speisenden Netzes anzugleichen.

Zur weitgehenden Vermeidung einer Ausbildung der 3 Harmonischen, sollten grundsätzlich keine gleichnamigen Schaltungsanordnungen der drei Wicklungen von Drehstromsystemen zusammen geschaltet, d.h. eine Sternschaltung sollte nur mit einer Dreieckschaltung oder umgekehrt verbunden werden.

Daraus resultiert nun der technische Zustand, dass die Blockumspanner demzufolge immer eine Stern- / Dreieck-Schaltungs-Struktur aufweisen.

Daher besteht zwischen den drei Phasenspannungen der Ober- und Unterspannungsseite eine, der Schaltgruppenkennziffer entsprechende Phasenverschiebung mit der Größe von *Kennziffer x 30°*.

Bei der sogenannten Blockschaltung ist der Generator fest mit der Unterspannungsseite des Blockumspanners verbunden und der synchronisierbare Leistungsschalter befindet sich dabei auf der Oberspannungsseite des jeweiligen Blocktransformators.

Um eine derartige Blockstruktur mit einem bestehenden Energienetz parallel zu schalten, müssen die Parallelschaltbedingungen  $\Delta U = 0 \text{ V}$ ,  $\Delta f = 0 \text{ Hz}$  und  $\Delta \alpha = 0^\circ$  zwischen den beiden Synchronisier- Spannungen  $U_1$  und  $U_2$  von einem Parallelschaltgerät überprüft und angeglichen sowie bei Übereinstimmung der drei Bedingungen, ein Einschaltimpuls an den Synchronisier- Leistungsschalter gesendet werden.

Die Synchronisier- Spannung  $U_1$  wird dabei in der Regel von der Messzelle des Sammelschienen- Systems und die Synchronisier- Spannung  $U_2$  von einem Synchronisier- Spannungswandler auf der Oberspannungsseite des Block- Trafos bereitgestellt.

Befindet sich nun auf der Oberspannungsseite des Blocktransformators kein entsprechender Synchronisier- Spannungswandler, muss die Synchronisier- Spannung  $U_2$  von der Unterspannungsseite des Blocktransformators, d.h. von den Generatorspannungswandlern entnommen werden.

Damit die vorstehend angeführten Parallelschaltbedingungen überhaupt erreichen werden können, ist es jedoch erforderlich, die schaltgruppenbedingte Winkeldifferenz zwischen der Ober- und Unterspannungsseite des Block- Trafos zu kompensieren.

Kostenintensive Parallelschaltgeräte enthalten dafür einen Software- Algorithmus, der die Winkeldifferenz durch Eingabe der Schaltgruppenkennziffer mathematisch kompensiert. Kostengünstigere Parallelschaltgeräte enthalten diese Funktion nicht, so dass bei der Verwendung dieser Geräte, die erforderliche Kompensation der Winkeldifferenz extern erfolgen muss.



Das nebenstehende Foto zeigt die von der Fa. Ritz hergestellte Zwischen-Wandler-Baugruppe mit der Typenbezeichnung *MKSZR 200*.

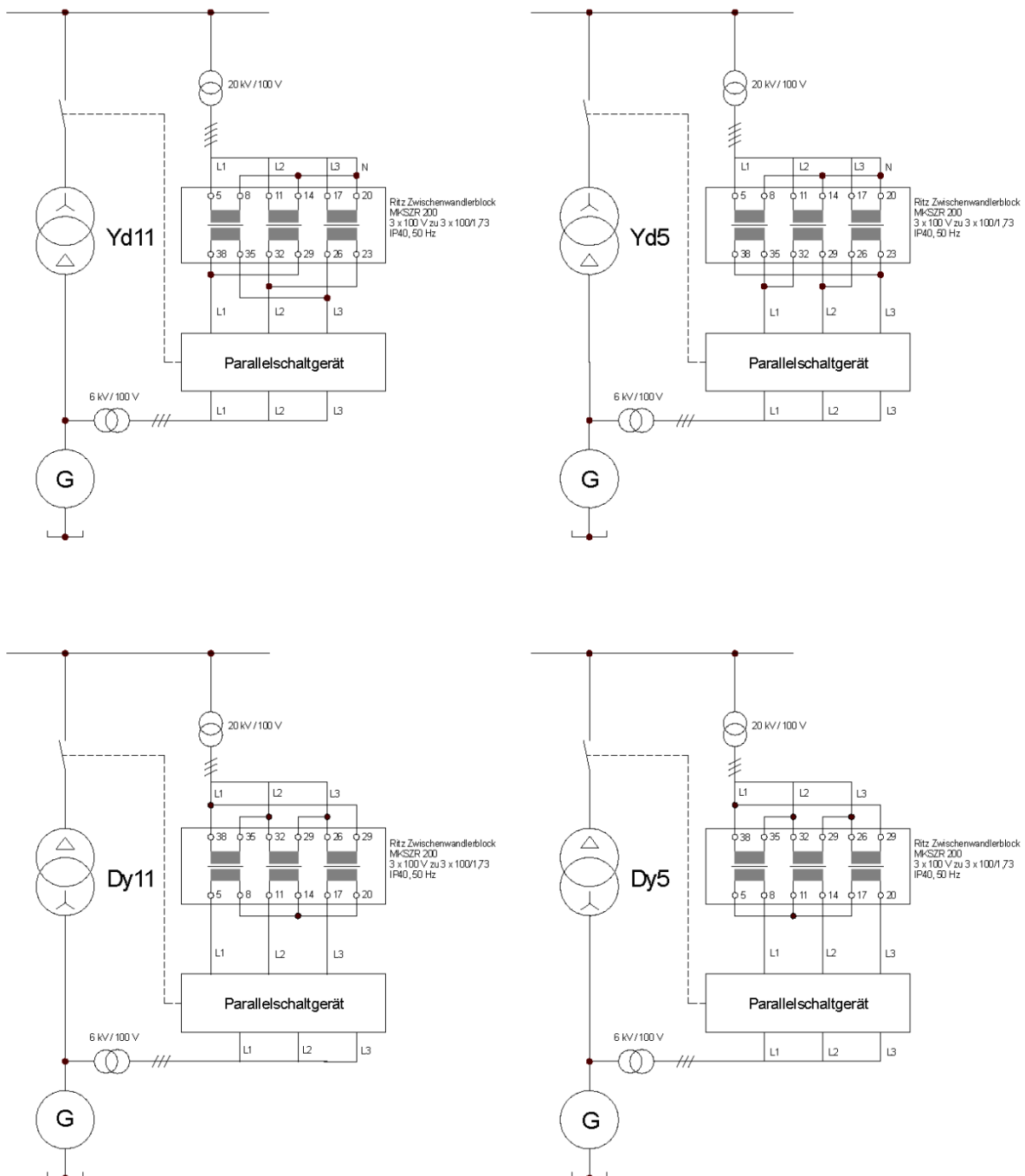
Durch das gewählte Übersetzungs-Verhältnis von 100 V zu  $100 \text{ V} / \sqrt{3}$  ist diese Baugruppe in hervorragender Weise dazu geeignet, Winkeldifferenzen von praktisch jeder möglichen Yd- oder Dy-Schaltgruppenvariation zu kompensieren.

Mit dieser kostengünstigen Zwischenwandler- Baugruppe ist es möglich, schaltgruppenbedingte Winkeldifferenzen nahezu fehlerfrei zu kompensieren und die Synchronisier- Spannungen dreiphasig für ein Parallelschaltgerät bereitzustellen.

Wird diese Baugruppe mit einem ebenfalls kostengünstigen Parallelschaltgerät vom Typ SYN-7 kombiniert, ergibt sich eine Anwendungsperformance hinsichtlich der Parallelschaltfunktion, die denen von kostenintensiveren Parallelschaltgeräten in nichts nachsteht.

Einsatzerfahrungen zum Parallelschaltgerät SYN-7 können ebenfalls auf meiner Internetseite [www.ingenieurbuero-john.eu](http://www.ingenieurbuero-john.eu) unter dem Menüpunkt *Wissenspeicher / Themenschrift 6* nachgelesen werden.

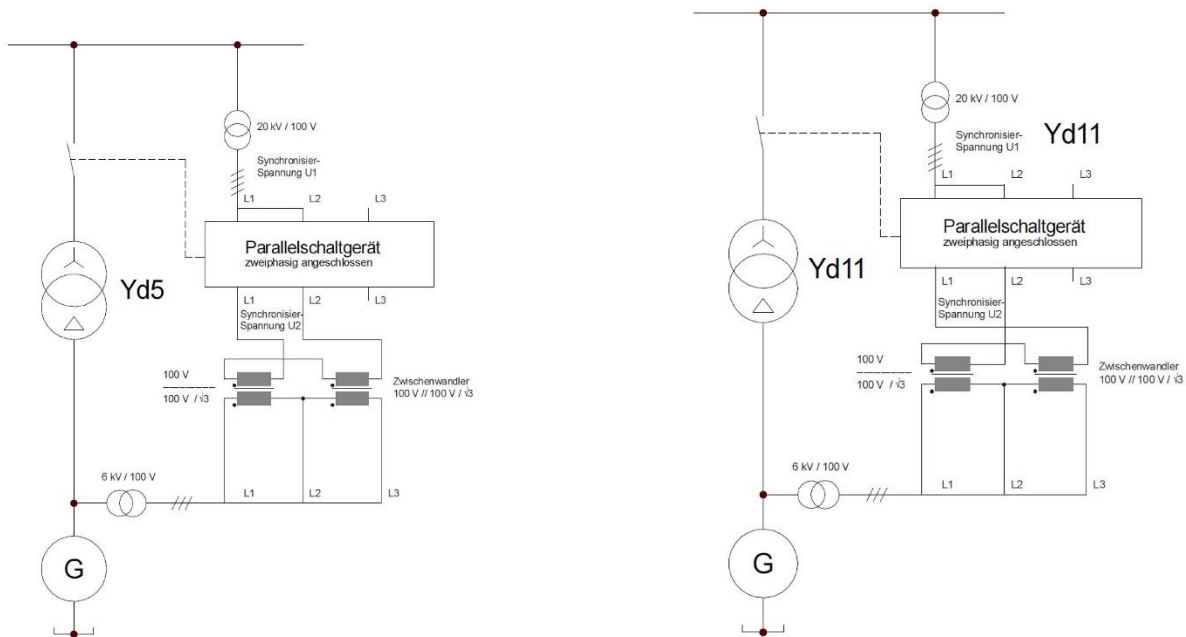
Nachfolgend vier Anwendungs- Beispiele zur Kompensation von Winkeldifferenzen der Schaltgruppen Yd5, Yd11, Dy5 und Dy11 mit der dreiphasigen Ritz- Baugruppe MKSZR 200.



Steht auf entfernt liegenden Anlagen diese Baugruppe nicht zu Verfügung oder ist deren Beschaffung mit längeren Lieferzeiten verbunden, kann kurzfristig und mit relativ einfachen Mitteln eine alternative Winkelkompensation, mittels zwei Stück Spannungs- Zwischenwandler geschaffen werden.

Voraussetzung ist jedoch, dass diese Zwischenwandler ein Übersetzungsverhältnis von  $100\text{ V} / \sqrt{3} // 100\text{ V}$  aufweisen.

Die nachfolgenden Skizzen zeigen die Winkelkompensationen für Blocktrafos mit den Schaltgruppen Yd5 und Yd11.



Die vorstehenden Beispiele zeigen nur die Winkelkompensation für zwei Trafo- Schaltgruppen. Bei geänderter Beschaltung sind, außer an Transformatoren mit Zick- Zack- Schaltung, alle vorkommenden Yd oder Dy Schaltgruppen mit diesen Zwischenwandlern, schaltgruppenbedingten Winkeldifferenzen zwischen der Ober- und Unterspannungsseite zweipolig kompensierbar.

An dieser Stelle möchte ich nochmals darauf hinweisen, dass die Kompensation mit zwei Zwischenwandlern nur eine Übergangslösung darstellt, falls eine dreipolige Kompensation temporär nicht verfügbar ist, oder die vorhandene Maschinengröße einen höheren technischen Aufwand nicht sinnvoll erscheinen lässt.

Das Gleiche gilt auch für den Ersatz eines Parallelschaltgerätes, welches zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme defekt sein sollte und ein Ersatz temporär nicht beschaffbar ist.

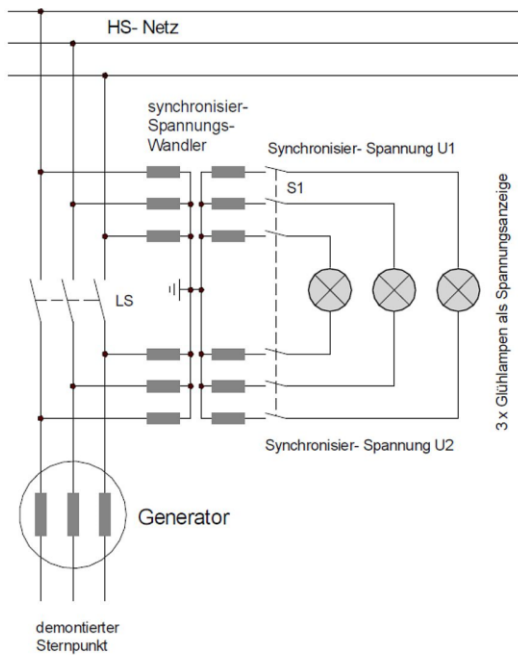
Um den Generator während der Inbetriebnahme dennoch mit dem Netz parallelschalten zu können, kann man sich in diesem Fall mit einer Kombinationsschaltung, aus drei Glühlampen bestehend, weiterhelfen.

Aus der Vergangenheit sind diese Methoden als so genannte Hell- und Dunkelschaltung bekannt. Bevor die Mikroelektronik auch in der Energie- und Kraftwerkstechnik Einzug gehalten hat, waren diese Lampenschaltungen fester Bestandteil in jeder Schaltwarte.

Obwohl diese Technik vollständig aus den Kraftwerken verdrängt wurde, ist sie nicht weniger funktionell und könnte für jeden Inbetriebnehmer, bei auftretenden Problemen an der installierten Technik, im Bedarfsfall als „Notanker“ dienen, um die Inbetriebnahme- Maschine trotzdem sicher mit dem Netz parallelzuschalten.

Auf der nachfolgenden Seite sind die beiden Lampenschaltungen dargestellt.

Dunkelschaltung



Die nebenstehende Schaltung wird auch als so genannte Dunkelschaltung bezeichnet.

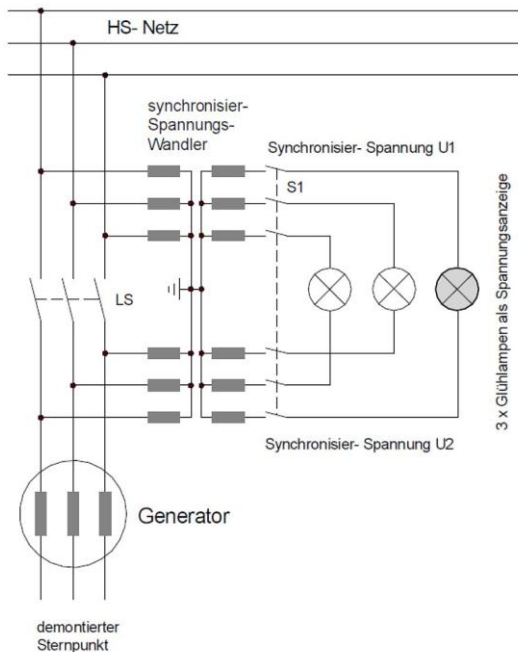
Dabei handelt es sich um eine dreiphasige Kontrollschaltung, ob im Moment der Durchschaltung die Parallelschaltbedingungen über den Schaltkontakten des Synchronisier- Leistungsschalters korrekt vorhanden sind.

Nur wenn  $\Delta U = 0 \text{ V}$ ,  $\Delta f = 0 \text{ Hz}$  und  $\Delta \alpha = 0^\circ$  betragen, sind tatsächlich alle drei Lampen vollkommen **„dunkel“**

Bei mit Nenndrehzahl drehenden und auf Nenn-Spannung erregten Generator, verändern die drei Lampen zeitgleich ihre Helligkeit mit der Differenzfrequenz zwischen Generator und Netz und im Moment völliger Dunkelheit ist der synchrone Schaltpunkt gegeben, indem der LS gefahrlos und stoßfrei eingeschaltet werden kann.

Sind die Drehfeldrichtungen von Netz und Generator unterschiedlich, wird auch das angezeigt, indem sich die Helligkeit der drei Lampen nicht zeitgleich ändert.

Hellschaltung



Die nebenstehende Schaltung wird als so genannte Hellschaltung bezeichnet.

Gegenüber der Dunkelschaltung besteht der Unterschied darin, dass sich im Durchschaltmoment, die dunkel markierte Lampe im Auszustand befindet und die anderen beiden Lampen voll leuchten.

Bei einem mit Nenndrehzahl drehenden und auf Nenn-Spannung erregten Generator, verändern die drei Lampen nicht zeitgleich ihre Helligkeit, sondern nacheinander. Werden diese Lampen im Kreis angeordnet, so entsteht der optische Eindruck, dass die dunkle Lampe und die hellen Lampen umlaufen erscheinen.

Bei  $f_{\text{Gen.}} > f_{\text{Netz}}$  entsteht ein rechtsdrehender Umlaufeindruck, im anderen Fall ein linksdrehender.

Bei völliger Dunkelheit der markierten Lampe und vollständiger Helligkeit der anderen beiden Lampen ist der synchrone Moment gegeben, indem der LS gefahrlos und stoßfrei eingeschaltet werden kann.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass beide Schaltungen jeweils eine anspruchsvolle, an Einfachheit nicht zu übertreffende Prüfmethode sind, die aber trotzdem alle Informationen aufwendiger und teurerer Parallelschaltgeräte liefern. Lediglich der Einschalt- Impuls für den Leistungsschalter kann durch die Lampenschaltungen nicht generiert werden.

Als Lampenspannung ist die doppelte Leiter- Erdspannung der Synchronisier- Spannungen zu wählen.