

RUP6-10CL_{r5}

Hochspannungspulsgenerator für kapazitive und induktive Lasten

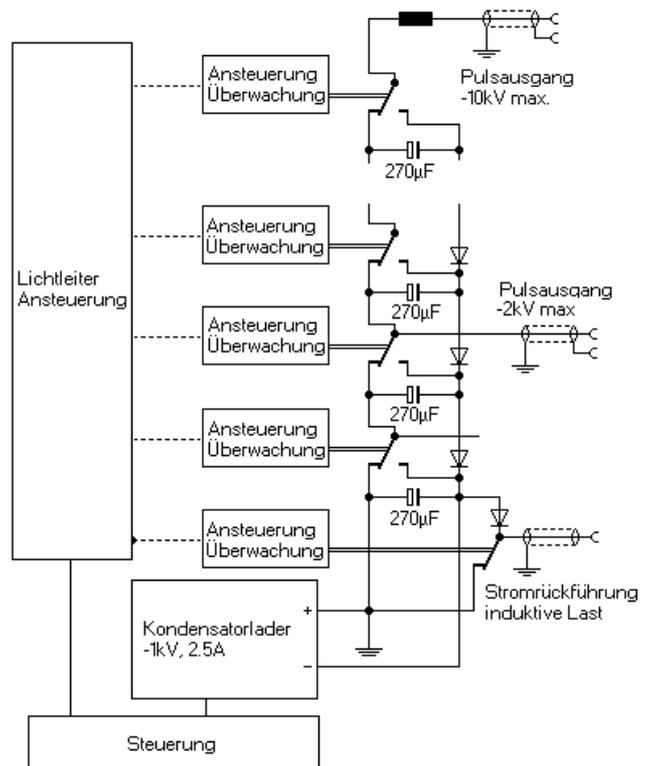
- Echte Rechteckpulse mit aktivem Abschalten
- Anstiegs-/ Abfallzeiten einstellbar für Anpassung an kapazitive Lasten
- Separater Stromrückführungseingang für induktive Lasten
- Frequenz bis zu 2 kHz
- Spannung bis zu -10 kV
- Pulsstrom bis zu 200 A
- Mittlere Leistung bis 2.4kW
- kurzschlußfest

Der RUP6 ist ein universaler Hochspannungspulsgenerator, der sinnvoll für Spannungen von -1 kV bis -35 kV gebaut werden kann. Die herausragenden Eigenschaften sind hoher Pulsstrom, sehr hoher Wirkungsgrad, individuelle Skalierbarkeit der Spannung und eine schnelle Arcabschaltung. Der RUP6 besteht aus vielen 1 kV Pulseinheiten, die parallel geladen und für den Puls in Reihe geschaltet werden. Absolut synchrones Schalten aller Stufen ist prinzipbedingt nicht notwendig. Sequentielles Schalten kann dazu genutzt werden, Anstiegs- und Abfallzeiten variabel zu gestalten.

Die Version CL verfügt im Gegensatz zur Standardversion über stromverstärkte Module, die sowohl im Spannungsanstieg als auch im Spannungsabfall bis 200 A handhaben können. Zusammen mit denen im weiten Bereich verstellbaren Anstiegs- und Abfallzeiten sorgt dies für eine besondere Eignung für kapazitive Lasten.

Der Stromrückführungseingang zur Verwendung bei induktiver Last sorgt dafür, dass am Pulsende der Strom schnell abgeschaltet wird und die restliche induktive Energie in die Pulscondensatoren zurückgespeist wird.

Eine Anwendung für diesen Pulsgenerator sind Isolationstest an Transformatoren und Motoren; der Pulsgenerator erlaubt, sowohl die Isolation zwischen Wicklungen bzw. Wicklung und Gehäuse zu testen, aber auch Isolationstests längs einer Wicklung durchzuführen.



Ströme und Spannungen

- Maximale Pulsausgangsspannung -10 kV
- Maximale Wirkausgangsleistung 2.4 kW, entsprechend 1000V, 2.4A des internen Netzteils. Nimmt mit zunehmenden Tastverhältnis ab gemäß $P_{out} = P_{max} * (1 - \text{Frequenz} * (\text{Pulsbreite} + 130\mu s))$
- Ausgangsimpedanz <4 Ohm, entsprechend 0.4 Ohm pro Modul. In Reihe dazu befindet sich eine Drossel von 20µH, deren Induktivität durch Umschrauben auf 40µH oder 80µH erhöht werden kann.
- Interne Pulskapazität 27µF entsprechend 270µF pro Modul.
- Maximaler Spitzenstrom 200 A. Dies gilt sowohl für die ansteigende Flanke (Stromquelle) als auch für die fallende Flanke (Stromsenke).
- Maximaler Effektivstrom (RMS) 10A.

Bei Strömen oberhalb von 100A mit kapazitiver Last steigen die Schaltverluste überproportional an. Wird gleichzeitig mit maximaler Frequenz betrieben, kann es sein, dass schon unterhalb der Effektivstromgrenze von 10A_{RMS} die Temperaturgrenze an den Modulen erreicht wird und der Pulsgenerator nach einiger Zeit abschaltet.

Stromüberwachung

Der Pulsgenerator ist durchschlagsbeständig und geeignet für Lebensdauerprüfungen bis zum Durchschlag des Prüflings. Überströme (z.B. die Ströme, die infolge der Überschläge auftreten, Kriechströme ect.) verursachen keine Überlastung oder Schädigung des Generators. Diese Überströme werden zuverlässig erkannt und abgeschaltet:

- Wird die einstellbare Spitzenstromgrenze (0..200A) für mehr als 1µs überschritten, aktiviert dies die

Kurzschlussabschaltung. Damit wird nach 200ns die Strombegrenzung wirksam, nach 1.5µs der Puls beendet und gleichzeitig das Hochspannungsnetzteil abgeschaltet.

- Auch wenn die Netzteilstromgrenze (0-2.5A, einstellbar) überschritten ist, wird abgeschaltet.
- Gleichermaßen wird auch beim Überschreiten des RMS-Stromes von 10A abgeschaltet.
- Wird 90% der Grenze von Spitzenstrom, RMS-Strom oder Netzteilstrom erreicht, wird dies jeweils durch eine LED angezeigt.
- Auch eine Fehlermeldung auf Modulebene (Überstrom, Übertemperatur) wird zurückgemeldet und führt zum Abschalten des Generators.

Pulsform und Frequenz

Trapezförmige Spannungspulse mit variabler Pulsbreite, Frequenz und Anstiegszeit.

- Anstiegszeit einstellbar in zwei Bereichen von 0.3 ... 3µs und 2 µs ... 20µs.
- Pulsbreite einstellbar im Bereich 1 µs ... 100 µs; mit dem externen Steuereingang sind auch längere Pulse möglich. Ohne Last sind theoretisch auch Pulsbreiten bis 2 Sekunden möglich.
- Frequenz einstellbar im Bereich 0 ... 2 kHz, extern bis 3 kHz möglich.
- Das Tastverhältnis kann fast frei gewählt werden, nur nimmt die maximale mittlere Leistung mit zunehmenden Tastverhältnis ab. Der Grund liegt darin, daß das interne Netzteil während des Pulse und bis 130µs nach Pulsende nicht arbeitet.

Bei großen kapazitiven Lasten muss die Anstiegszeit reduziert werden, um den maximalen Spitzenstrom von 200A nicht zu überschreiten; weiterhin kann es sein, daß die Frequenz reduziert werden muß, um die RMS-Stromgrenze nicht zu überschreiten.

Betrieb mit induktiver Last

Schließt man eine induktive Last an einen RUP6 an, so bekommt man einen dreieckförmigen Stromverlauf; der Strom steigt im Spannungspuls an und fällt danach nur sehr langsam wieder ab.

Um den Stromabfall zu beschleunigen, wird beim Betrieb mit induktiver Last empfohlen, den Prüfling nicht zwischen Hochspannungsausgang und Erde (Kabelschirm), sondern zwischen Hochspannungsausgang und Stromrückführungseingang zu schalten. Damit wird die induktiv gespeicherte Energie wieder in die Pulscondensatoren zurückgeführt und die Stromabfallzeit auf das 10-fache der Stromanstiegszeit begrenzt.

Betrieb mit 2kV-Ausgang

Werden zum Testen Spannungen <2kV benötigt, bekommt man einen stabileren Betrieb, wenn man den 2kV-Ausgang nutzt. Die Spannung nach dem 2. Pulsmodul wird hier direkt auf den Ausgang geführt.

- Die Anstiegszeit ist nur sehr rudimentär einstellbar, da nur in 2 Stufen geschaltet wird.

- Bei induktiver Last und zusammen mit dem Stromrückführungseingang ist die Stromabfallzeit auf das doppelte der Anstiegszeit begrenzt.
- Genauigkeit der Spannungseinstellung im 2-kV Modus := Netzteilhysterese: ca. 20V. Im 10kV-Modus liegt die Genauigkeit bei ca. 100V.

Bauform, Lieferumfang

- 19" Schaltschrank, 550 * 780 * 1100 mm (20HE)
- Versorgungsspannung 230-240 V.
- 10-gang-Potis zur Einstellung von Hochspannung, Pulsbreite, Frequenz, Anstiegszeit, Spitzenstromgrenze und Netzteilstromgrenze.
- LEDs Stromgrenzen (Spitze, Netzteil, RMS)
- Analoges Steuereingang (0-5V) für arbiträre Rampen.
- TTL-Synchronisationsausgang (BNC)
- Umschalter für Anstiegszeitbereich und ext./int. Steuerung.
- Hochspannungsausgänge für -10 kV und -2kV, Stromrückführungseingang: Jeweils Buchse B120, 2*3m Ausgangskabel mit Gegensteckern S120 werden mitgeliefert, zusätzlich noch ein Ersatzgegenstecker.
- Anschluß für Erdpeitsche; liefert 230VAC bei „Hochspannung ein“.
- 2 Monitorausgänge für Spannung (1:1000 bzw. 1:200 für den 2kV-Ausgang)
- Strommonitorausgang (50mV/A).
- Anzeigen für Modulspannung (0-1000V, 3½-stellig digital), internen Netzteilstrom (0-3A, analog) und RMS-Ausgangsstrom (0-10A, analog).
- Rücksetzbarer Betriebsstundenzähler für „Hochspannung ein“.
- externes Interlock
- Analoge Fernsteuerung: Über eine Sub-D25-Buchse kann der Generator ein- und ausgeschaltet werden; mit 0-10V Signalen können Hochspannung, Pulsbreite, Frequenz und Anstiegszeit vorgegeben werden. Weiterhin sind an der Buchse Monitorspannungen für für interne Netzteilspannung und -strom, RMS-Ausgangsstrom sowie das TTL-Synchronisationssignal verfügbar.
- Dokumentation

Sicherheit

- externes Interlock.
- Eine ultraschnelle Überstromerkennung schützt den Pulsgenerator vor Schäden durch Kurzschluss und Überschläge.
- Der Pulsgenerator entspricht Vorschriften über elektromagnetische Verträglichkeit.

9.3.2016 Dr. Jörg Brutscher