

JAHRE PF-Networks constructed from mica capacitors and coils have been applied over several decades already for generating precised defined rectangular pulses in radar techniques. The requirements have steadily increased however with developments to higher pulse power or pulse currents respectively at lowest possible ripple and yet a reduction of the total volume. New applications have been added for example in bending magnets for particle accelerators.

By introducing modern measuring and computer aided techniques in our production field we already realized ripples below 1% for load resistances of 10 Ohms and load voltages up to 60 kV or pulse currents up to 3 kA and pulse durations of 8 μ s respectively and a total volume of 500 litres. Also rise times within 1 to 2% of the pulse duration resp. 50 to 100 nano sec. can now be realized. The development at JAHRE started in 1955 when the case volume of ca. 3 litres for 130 A pulse current on 50 Ohms for 0,2 μ s was required. But 10 years later, in the same case volume, at same current and load resistance, the pulse duration was increased by factor 5 to 1 μ s.

In 1970 we delivered PFN's – then called "delay lines" – for pulse currents of 2 kA on 5 Ohms for 6 μ s in a total volume of only 200 litres. This development is shown in Table 1 for quick reference.

JAHRE-L-C-Netzwerke aus Glimmerkondensatoren und Luftspulen werden seit Jahrzehnten zur Erzeugung präzise definierter Rechteckimpulse für die Radartechnik eingesetzt.

Im Laufe der Entwicklung sind die Anforderungen in bezug auf größere Impulsleistung bzw. Impulsströme mit möglichst geringer Dachwelligkeit bei gleichzeitiger Reduzierung des Leistungsvolumens gestiegen.

Neue Anwendungen, z. B. für Ablenkeinrichtungen an Teilchenbeschleunigern, sind hinzugekommen. Durch den Einsatz moderner Meß- und Rechentechnik haben wir bereits Dachwelligkeiten unter 1% realisiert für Lastwiderstände von 10 Ω und Ladespannungen bis zu 60 kV bzw. Impulsströme bis zu 3 kA und Impulslängen von 8 μ s, bei einem Gehäusevolumen von 500 l. Auch Anstiegszeiten von 1 bis 2% der Impulslänge bzw. 50 bis 100 ns sind möglich. Angefangen hat die Entwicklung bei der Firma JAHRE 1955. Damals hatten die Gehäuse ein Volumen von ca. 3 l für einen Impulsstrom von 130 A an 50 Ω für 0,2 μ s.

10 Jahre später konnte bei gleichem Volumen, Strom und Abschlußwiderstand die Impulslänge um den Faktor 5 auf 1 μ s erhöht werden. 1970 lieferten wir bereits L-C-Netzwerke als sogenannte Laufzeitketten für Impulsströme von 2 kA an 5 Ω für 6 μ s mit einem Volumen von 200 l.

Die beschriebene Entwicklung ist zur besseren Übersicht in Tabelle 1 noch einmal kurz zusammengefaßt.

Development of requirement and power for puls-forming-networks delivered from RICHARD JAHRE Production.

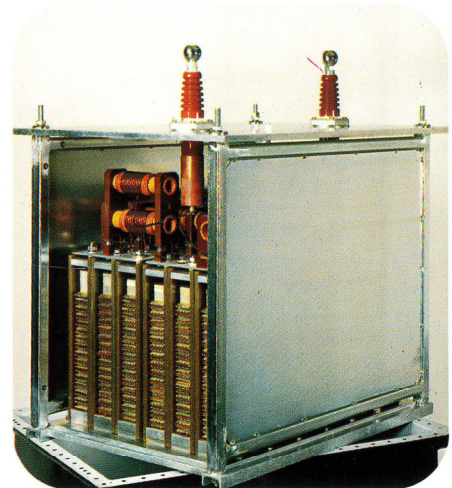
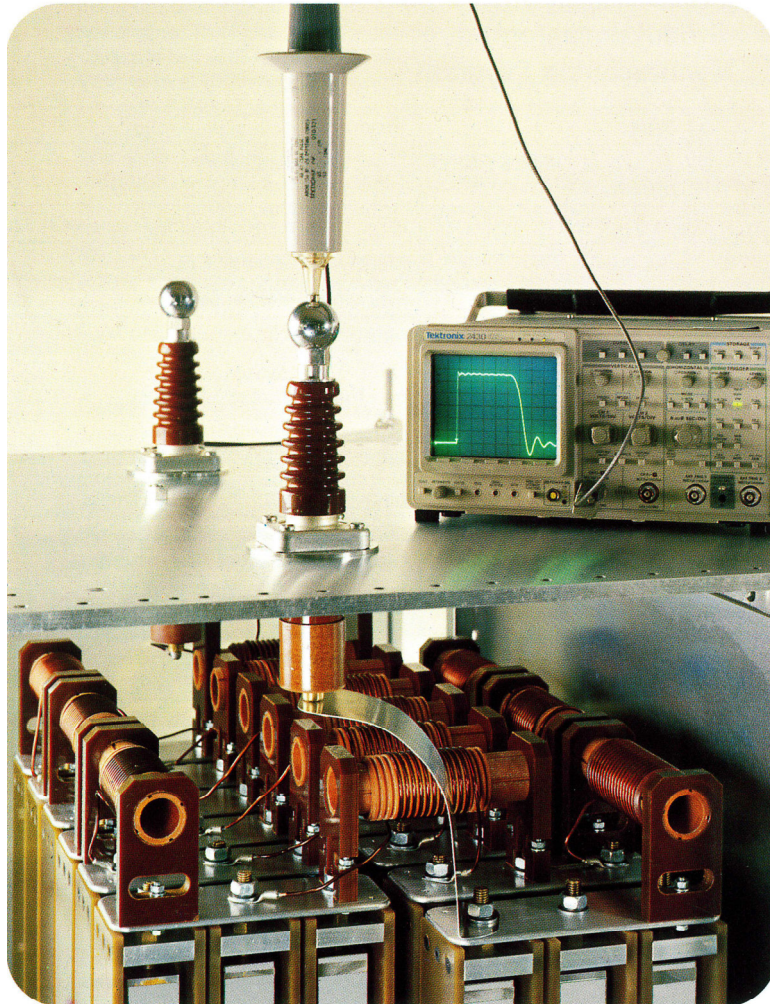
Bedarfs- und Leistungsentwicklung bei Puls-Formenden-Netzwerken, die von der Firma RICHARD JAHRE geliefert wurden.

Year Jahr	Loading Voltage Lade- spannung	Load-Resistance Last- widerstand	Pulse-current Puls- strom	Pulse duration Puls- dauer	Case Volume Gehäuse- Volumen	Pulse peak Puls- spitzl.	Pulse energy Puls- Energie	Energy/ Volume Energie/ Volumen
	U kV	R Ω	I_p kA	t μ s	V l	0,5 U I_p = N MW	N t = P Ws	P/V Ws/l
1955	13	50	0,13	0,2	3	0,85	0,17	0,06
1965	13	50	0,13	1,0	3	0,85	0,85	0,3
1970	20	5	2,0	6,0	200	20	120	0,6
1986	60	10	3,0	8,0	500	90	720	1,5

L-C-Netzwerke / Pulse-Forming-Networks

Internet: www.jahre.de

Email: info@jahre.de



Construction characteristics

Mica possesses very low dielectric losses. These are less than 10 % of the coil losses and so practically neglectable. The stacking techniques applied for our mica capacitors provides types with extreme low inductance and for high pulse power. The dielectric losses generate heat can get so high that compulsory cooling becomes necessary. Types with water cooling systems are therefore offered.

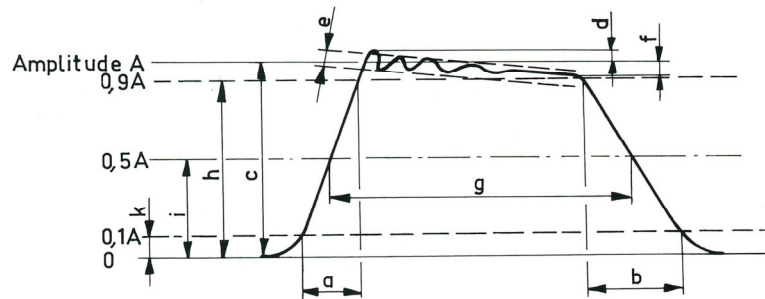
The above shown version consists of stable zinced sheet-steel and polished aluminum-plates.

Konstruktionsmerkmale

Glimmer hat bekanntlich sehr geringe dielektrische Verluste. Sie betragen weniger als 10 % der Spulenverluste und können daher praktisch vernachlässigt werden. Die von uns für die Kondensatorherstellung verwendete Stapeltechnik ermöglicht besonders induktionsarme Ausführungen mit hoher Stoßstrombelastbarkeit. Bei schneller Impulsfolge und großer Puls-Leistung kann durch die Verluste die Erwärmung so groß werden, daß eine Zwangskühlung erforderlich ist. Hierzu wurden wassergekühlte Ausführungen entwickelt. Die oben abgebildete Ausführung besteht aus stabilem verzinktem Stahlblech sowie geschliffenen Aluminiumplatten.

Illustration of Pulse Definition

Erläuterung der Definition von Impulsen



a. Rise Time	μs	f. Fall off / Droop	%
b. Pulse Decay Time	μs	g. Pulse Duration	μs
c. Peak Pulse Amplitude	%	h. 90 % of Amplitude	
d. Pulse Spike (Overshoot)	%	i. 50 % of Amplitude	
e. Peak-to-peak Ripple	%	j. 10 % of Amplitude	

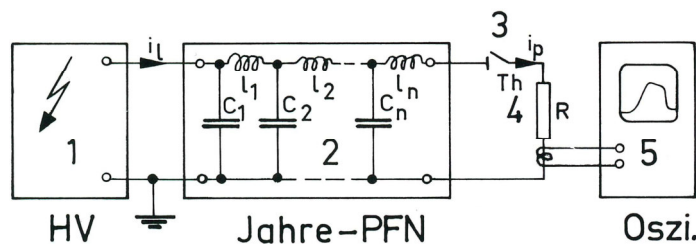
a. Anstiegszeit	μs	f. Abfall/Senkung	%
b. Pulsabfallzeit	μs	g. Pulsdauer	μs
c. Spitze der Impulsachse	%	h. 90 % der Amplitude	
d. Pulsspitze (Überschwingen)	%	i. 50 % der Amplitude	
e. Welligkeit von Spitze zu Spitze	%	j. 10 % der Amplitude	

Remark:
The data in percent are variable and are only valid, when not otherwise specified.

Bemerkung:
Die Prozentwerte sind je nach Bedarf variabel und gelten nur, wenn sie nicht besonders spezifiziert sind.

Functional circuit diagram

Schaltbild und Funktionsprinzip



- High Voltage Generator**
Several types meeting application datas offer a relatively small loading current I_L during the pulse break which again is related to the pulse duration T , the pulse current I_P and the repetition frequency f :
 $I_L = I_P \times T \times f$
- L-C-Network**
as energy compiler and generator for precisely defined pulse forms.
- Power Switch, for example Thyatron**
- Load Resistance (consumer)**
for example pulsed travelling wave tube, bending magnet or pulse laser.
- Oscillograph, for measuring the pulse form.**

- Hochspannungsgenerator**
Verschiedene Ausführungen je nach Anwendungsfall liefern einen relativ kleinen Ladestrom I_L in der Impulspause in Abhängigkeit von der Pulsdauer T , dem Pulsstrom I_P und der Wiederholfrequenz f :
 $I_L = I_P \times T \times f$
- L-C-Netzwerk**
zur Energiespeicherung und Erzeugung genau definierter Impulsformen.
- Leistungsschalter, z. B. Thyatron**
- Verbraucher,**
z. B. Wanderfeldröhre, Ablenkmagnet, Impulslaser
- Oszillograph, zur Messung der Impulsform.**

Other forms of pulse generation

In other constructions cables are used for power pulse generating. Their constructive disadvantages are especially noticed with longer pulse duration:

With several 100 m of cable length volume and weight are extremely bigger than those JAHRE PFN's specifically designed for power pulses.

With longer lead-lengths a fall off by several percent must be taken into account. JAHRE L-C-Networks are built with discrete parts and this disadvantage for the pulse roof can be avoided by construction means.

The working voltage is fixed by only a few standard values. Changes are only possible under considerable expenditures. JAHRE however can offer specific solutions under use of self-manufactured components and guarantee of function-reliability.

Details for estimation of expenditures

The needed total capacitance C can closely be calculated according to $C_g \sim \frac{\Delta t}{2Z}$ if the pulse duration Δt and the wave resistance Z are known.

With knowledge of cable-capacitance per meter, the needed lead-length can be found and all necessary expenses can be estimated also considering cable connections, holdings, tubes etc.

The advantages of the compact construction of JAHRE PFN's here becomes very evident. Moreover no extra construction, site plans or other expenditures are necessary for fitting.

Technical data for calculation and quotation

The production of Pulse Forming Networks at RICHARD JAHRE is executed individually according to particular requirements. The multiple variations of construction to meet all necessities are assisted by a system of production units such being highly flexible and offering rentable production for small series also. If the three main values loading voltage, pulse duration and wave resistance are known and requirements for the insulation are settled – either air, gas, vacuum or oil – a rough expenditure and volume estimation can be given, however, without considering the case as well as additional insulators. The required rise time and allowed peak-to-peak ripple determine the number of meshes and the services for the fine adjustment, but may also increase the total volume by ca. 20%.

The cases are delivered mainly out of zinc-coated sheet-steel or high-grade-steel. To decrease weight Alu constructions are possible to perform.

For insulation preferably ACB-free mineral oil is used. In case of special requirements on flame resistance silicon-oil is provided.

We deliver according to customer-drawings or standards. We also perform prototype development to orders. Please ask for the questionnaire.

Andere Möglichkeiten zur Impulserzeugung

Koaxialkabel sind bereits mehrfach zur Erzeugung von Leistungsimpulsen eingesetzt worden. Die hohe Gleichspannungsfestigkeit verführt dabei zu einer Überlastung beim Impulsbetrieb, wodurch Teilentladungen entstehen, die nach relativ kurzer Betriebszeit zum Ausfall führen. Aber auch die Alterung und Versprödung der Isolation durch die Abdunstung von Weichmachern und Stabilisatoren sowie der negative Einfluß der UV-Strahlung, Bewitterung oder Erdfeuchtigkeit ist bekannt. Kabel haben aber auch einige konstruktionsbedingte

Nachteile, die sich besonders ungünstig bemerkbar machen bei längeren Impulszeiten.

Bei mehreren 100 m Länge sind Volumen und Gewicht erheblich größer als bei einem speziell für die Erzeugung von Leistungsimpulsen entwickelten PFN.

Bei größeren Leitungslängen ist ein Abfall des Impulsdaches um mehrere Prozent unvermeidbar.

Bei JAHRE-L-C-Netzwerken, die mit diskreten Bauteilen gefertigt werden, wird dieser Nachteil durch konstruktive Maßnahmen vermieden.

Die Betriebsspannung ist auf wenige Standardwerte festgelegt und kann nur mit erheblichem Aufwand geändert werden.

Im Gegensatz hierzu kann die Firma RICHARD JAHRE durch langjährige Erfahrung systemgerechte Lösungen anbieten und auch eine Garantie für die Betriebszuverlässigkeit übernehmen, da die benötigten Komponenten ebenfalls aus eigener Fertigung stammen.

Angaben zur Aufwandsabschätzung

Die benötigte Gesamtkapazität C kann annähernd nach der Formel $C_g \sim \frac{\Delta t}{2Z}$ berechnet werden, wenn die Pulsdauer Δt und der Wellenwiderstand Z bekannt sind. Bei bekannter Kabelkapazität pro Meter kann danach die benötigte Leitungslänge ermittelt und der erforderliche Aufwand einschließlich der Anschlußarmaturen und Kabelhalterung bzw. Unterbringung in Kabelkanälen abgeschätzt werden. Die Vorteile, die dagegen ein kompakt aufgebautes JAHRE-Netzwerk bietet, werden bei einem entsprechenden Vergleich besonders deutlich. Außerdem entfällt für den Anwender der zusätzliche Konstruktions- und Beschaffungsaufwand, die Erstellung von Lageplänen und ähnlichem. Für einen sachgerechten Zeit- und Kostenvergleich sollten diese zusätzlichen Arbeiten nicht vernachlässigt werden.

Hinweise zur Angebotsbearbeitung

Die Fertigung von Puls-Formenden-Netzwerken erfolgt bei der Firma RICHARD JAHRE individuell nach Kundenanforderung. Die vielfältigen Möglichkeiten für eine anwendungsgerechte Konstruktion werden durch ein Baukastensystem unterstützt, das trotz großer Flexibilität auch bei kleinen Serien eine rationelle Fertigung ermöglicht. Auch die Abmessungen des Gehäuses können wir dem jeweiligen Gesamtkonzept einer Anlage weitgehend anpassen.

Wenn die drei Hauptwerte, Ladespannung, Pulsdauer und Wellenwiderstand, bekannt sind und auch die Frage der Isolation, z. B. Luft, Isoliergas, Vakuum oder Öl, geklärt ist, kann eine grobe Aufwands- und Volumenabschätzung für die PFN ohne Gehäuse und zusätzliche Isolatoren erfolgen. Die benötigte Anstiegszeit und zulässige Dachwelligkeit bestimmen die Anzahl der erforderlichen Maschen und den Aufwand für den Feinabgleich, können aber auch das notwendige Volumen um ca. 20% vergrößern.

Ausführungen im Gehäuse liefern wir vorzugsweise aus verzinktem Stahlblech. Zur Gewichtseinsparung sind aber auch Aluminiumkonstruktionen möglich.

Zur Isolation wird vorzugsweise PCB-freies Mineralöl benutzt. Bei besonderen Anforderungen an die Flammfestigkeit werden Silikonöle verwendet.

Wir liefern sowohl nach Kundenzeichnung bzw. Pflichtenheft, sind aber auch besonders leistungsfähig in der Entwicklung auftragsbezogener Prototypen. Hierfür steht ein Fragebogen zur Verfügung, der Interessenten gern zugeschickt wird.