

Kompensationsnetzwerk Compensation Network



Abb. 1 Frontansicht

Beschreibung

Das Kompensationsnetzwerk NFCN 9731 dient der Serienkompensation der Induktivität einer Helmholtzspule HHS 5206-16. Somit ist es möglich, die erforderlichen Ströme für die Erzeugung der gewünschten Feldstärken auch bei relativ kleinen Spannungen zu erzeugen, um z.B. Verstärker aus dem Audiobereich verwenden zu können.

Der Kompensationskondensator des NFCN 9731 senkt die Gesamtimpedanz der Reihenschaltung mit der Helmholtzspule vom Typ HHS 5206-16 bei der eingestellten Arbeitsfrequenz und ermöglicht Dauerstromstärken von bis zu $30 A_{rms}$ bei Generatorspannungen von weniger als $40 V_{rms}$.

Ein eingebauter Messwiderstand ermöglicht die Spulenstrommessung und stellt die Mindestlast für den Leistungsverstärker dar.

Description

The primary function of the compensation network NFCN 9731 is to provide a serial compensation of the inductance of the HHS 5206-16. Thus the currents needed to produce the desired field strength can be achieved using relatively low voltages i.e. to be able to use an audio amplifier.

The compensation capacitor of the NFCN 9731 reduces the overall impedance of the series circuit with the Helmholtz coil HHS 5206-16 at the wanted operating frequency and allows currents up to $30 A_{rms}$ at a generator voltage of less than $40 V_{rms}$. An integrated shunt allows measuring the coil-current and serves as minimum load for the power amplifier

Technische Daten bei Verwendung mit HHS 5206-16:		Technical data if used with HHS 5206-16 :
Maximaler Strom dauerhaft (frequenzabhängig):	Bis $32 A_{rms}$ Up to $32 A_{rms}$	Max continuous current:
Abmessungen (B x T x H):	447 mm x 470 mm x 191 mm	Dimensions:
Kapazitätsbereich:	1.5 nF - 480 μF	Capacitance range:
Nutzbarer Frequenzbereich:	DC – 200 kHz	Frequency range:
Messwiderstand	1Ω / 800 W	Shunt:
Gewicht:	17.5 kg	Weight:

Das Kompensationsnetzwerk NFCN 9731 besteht aus einem variablen Kondensator. Es dient zur Serienkompensation der Induktivität der Helmholtzspule HHS 5206-16 bei Arbeitsfrequenzen von 180 Hz bis 200 kHz. Bis 180 Hz ist keine Kompensation notwendig und das Signal wird durchgeschleift.

Zur Verfügung stehen 23 verschiedene Kondensatoren und eine Kurzschlussbrücke. Diese werden zwischen den Klemmen „Power Amplifier“ und „Coil (to A)“ über Relais zugeschaltet.

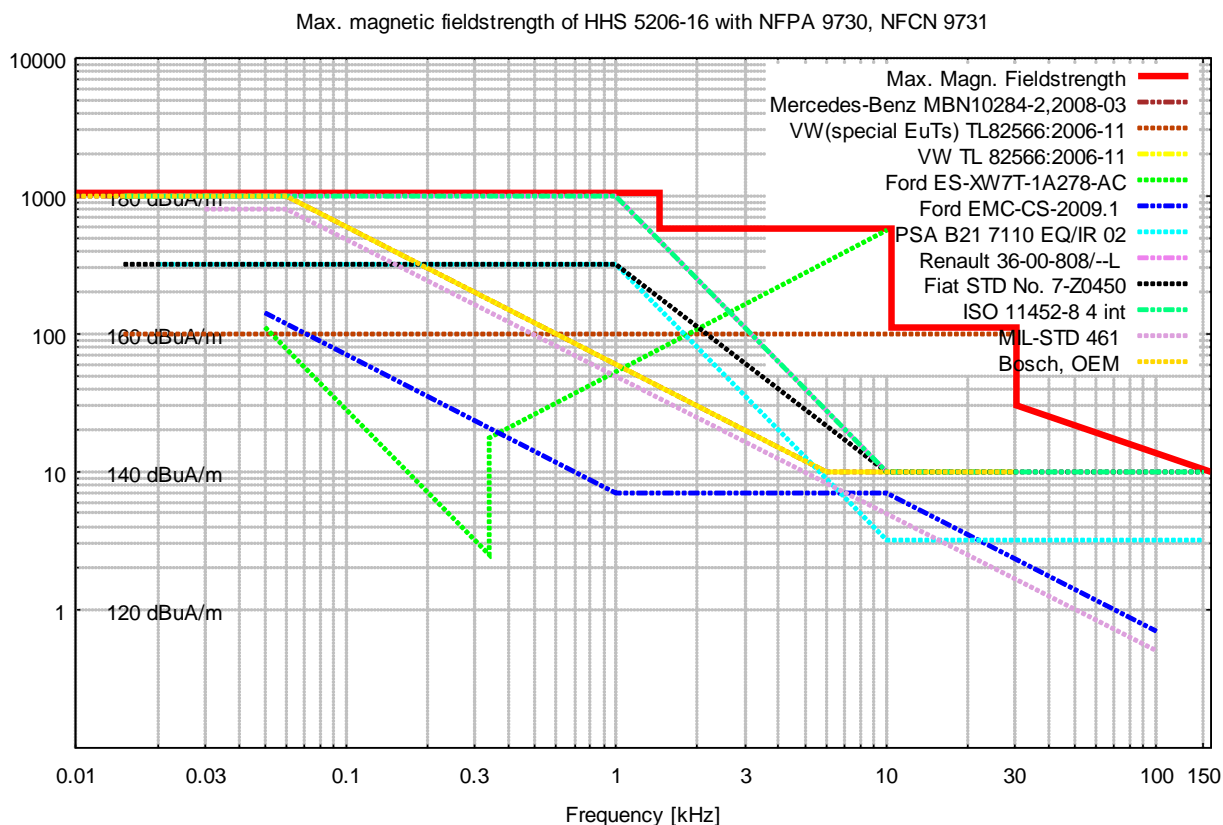
The compensation network NFCN 9731 consists of a series circuit of a variable capacitor and a fuse. Its purpose is to compensate the inductance of the Helmholtz coil HHS 5206-16 at operating frequencies of 180 Hz up to 200 kHz.

Up to 180 Hz no compensation is necessary and the signal is looped through.

There are 23 different capacitors and a short available. They are connected between “Power Amplifier” and “Coil (to A)” utilizing relays.

Die folgende Grafik zeigt die maximal erreichbare Magnetfeldstärke des Systems (HHS 5206-16, NFPA 9730, NFCN9731) im Verhältnis zu den Normwerken.

The following graph shows the maximum reachable magnetic field strength of the system (HHS 5206-16, NFPA 9730 and NFCN9731) – in relation to common standards.



Interner Messwiderstand

Der eingebaute 1 Ohm (800 W) Messwiderstand ermöglicht die Spulenstrommessung und stellt die Mindestlast für den Leistungsverstärker dar. Bei hohen Temperaturen am Messwiderstand setzt automatisch die Kühlung über Lüfter ein.

Prinzipiell kann der Messwiderstand auch unabhängig vom Kompensationsnetzwerk verwendet werden. Die Luftkühlung funktioniert jedoch nur bei eingeschaltetem NFCN 9731.

Die folgende Tabelle zeigt die Gesamtimpedanz des Messwiderstandes in Abhängigkeit von der Frequenz.

Internal 1 Ohm Shunt

The integrated 1 Ohm (800W) shunt allows measuring the coil-current and serves as minimum load for the power-amplifier. The internal fans are automatically enabled if the shunt becomes hot.

The shunt can be used stand-alone without the compensation network. But the cooling fans are only working when NFCN 9731 is turned on.

The following chart shows the total impedance of the shunt versus the frequency.

Frequency, [kHz]	Impedance "1Ω", [Ω]
DC	0.999
10	0.999
20	1.000
30	1.001
50	1.003
80	1.009
100	1.014
120	1.019
150	1.027
200	1.043
250	1.060
300	1.079

Interner Kleinsignal Vorteiler (Attenuator)

Das eingebaute, schaltbare Kleinsignal Dämpfungsglied erhöht den Dynamikumfang des Systems. Hierfür wird das Dämpfungsglied mit BNC-Kabeln zwischen den Signalgenerator und den Verstärker geschaltet. (Ausgang des Signalgenerators an die Buchse „IN“. Die Buchse „OUT“ an den Verstärkereingang)

Über das Relais-Steuerwort können die Dämpfungen 0 dB, 20 dB und 40 dB zugeschaltet werden. Wenn alle Vorteiler-Relais deaktiviert sind, ist das Kleinsignal stumm geschaltet.

Bei kleinen Ausgangsspannungen ist die Schrittweite vieler Signalgeneratoren zu grob für eine genaue Pegelregelung. In diesem Falle kann das Dämpfungsglied eingesetzt werden. Die zugeschaltete Dämpfung muss vom Signalgenerator wieder ausgeglichen werden. Dadurch ist die Schrittweite im Verhältnis zum Ausgangspegel kleiner.

Internal low level signal attenuator

The internal switchable low level signal attenuator increases the dynamic range of the system. Therefore the attenuator is interconnected between the signal generator and the amplifier with a BNC-cable (Signal generator to the "IN" socket. The "OUT" socket to the input of the amplifier).

The attenuation of 0 dB, 20 dB or 40 dB can be switched by the relays-control-word. The signal is muted if no attenuation is set.

At low output levels the level step size of most signal generator is too big. In this case an attenuator can be used. The signal generator has to compensate the attenuation with higher output levels. Now the relationship of the step size to the output level is smaller.

Gefahrenhinweis

Während des Betriebes entwickelt sich an den Klemmen der HHS 5206-16 und der NFCN 9731 eine lebensgefährliche Hochspannung. Bei unsachgemäßer Anwendung besteht für den Benutzer Lebensgefahr!

Hochspannung! Lebensgefahr!

Der Generator muss immer abgeschaltet werden, wenn Leitungen angeschlossen oder abgenommen werden.

Wichtig!

Umschalten von Kondensatoren ist nur ohne Signal erlaubt. Ansonsten ist der Leistungsverstärker gefährdet und die Lebensdauer der Relais wird drastisch reduziert!

Der Spannungsausgleich von zugeschalteten und im Stromkreis arbeitenden Kondensatoren erfolgt über Relaiskontakte. Entstehende Ströme werden nur von Verlustwiderständen der Kondensatoren und der Relaiskontakte begrenzt und könnten mehrere hundert Ampere betragen, was verschweißte Relaiskontakte zur Folge haben kann, insbesondere bei hohen Kapazitäten im unteren Frequenzbereich.

Kühlung

Beachten Sie bitte, dass die Luft für die Kühlung seitlich angesaugt wird und warme Luft nach hinten ausgestoßen wird. Das Gerät muss mit ausreichendem Abstand zur Wand installiert werden (min. 10cm) - es darf zu keinem thermischen Kurzschluss führen. Besonders bei Einbau in einen 19" Geräteschrank ist darauf zu achten, dass warme, ausgestoßene Luft nicht wieder angesaugt wird!

Befestigungszubehör für einen 19" Geräteschrank ist optional erhältlich.

Hazard warning

Attention: Life-endangering high voltages occur at the terminals of the HHS 5206-16 and the NFCN 9731 during operation. If used in an inappropriate way this could lead to a life-threatening situation for the user.

Danger to life! High voltages!

The generator must be switched off every time wires are being connected or disconnected.

Important!

Switching capacitors is allowed without an applied signal level only. Otherwise the power amplifier could be damaged and the life expectancy of the relays will be decreased dramatically!

Currents between capacitors of different charge-levels can be extremely high. Occurring currents are limited by the loss resistance of the capacitors and the relay contacts only and can rise up to several hundreds of amperes. This can lead to welded relay contacts, especially at high capacitances within the lower frequency range.

Cooling

Please note that the air intake for cooling purposes is located on the sides of the amplifier and the warm air is exhausted at the back.

The amplifier must not be installed closer than 10 cm to a wall. It has to be installed in a way that the exhausted warm air cannot get into the housing again (thermal short). Pay attention to cooling especially when installing the amp into a 19" rack!

A 19"-rack mount kit is available optionally.

Für den Aufbau des Testsystems werden folgende Komponenten benötigt:

1. Leistungsverstärker Schwarzbeck NFPA 9730
2. Funktionsgenerator
3. BNC-BNC Kabel für die Verbindung von Funktionsgenerator und Leistungsverstärker
4. Helmholtzspule Schwarzbeck HHS 5206-16
5. Kompensationsnetzwerk Schwarzbeck NFCN 9731
6. IEEE 488 Bus-Kabel-Set
7. True RMS Voltmeter
8. Anschluss-Kabelset für die Verbindungen zwischen NFPA 9730, NFCN 9731, HHS 5206-16, Voltmeter und Funktionsgenerator.
9. Computer mit Windows Betriebssystem und GPIB (IEEE-488) Schnittstelle.

Typischer Messaufbau mit einem Funktionsgenerator, Verstärker (NFPA 9730), Kompensationsnetzwerk (NFCN 9731) und Helmholtzspule (HHS 5206-16):

The following components are required for the measurement setup:

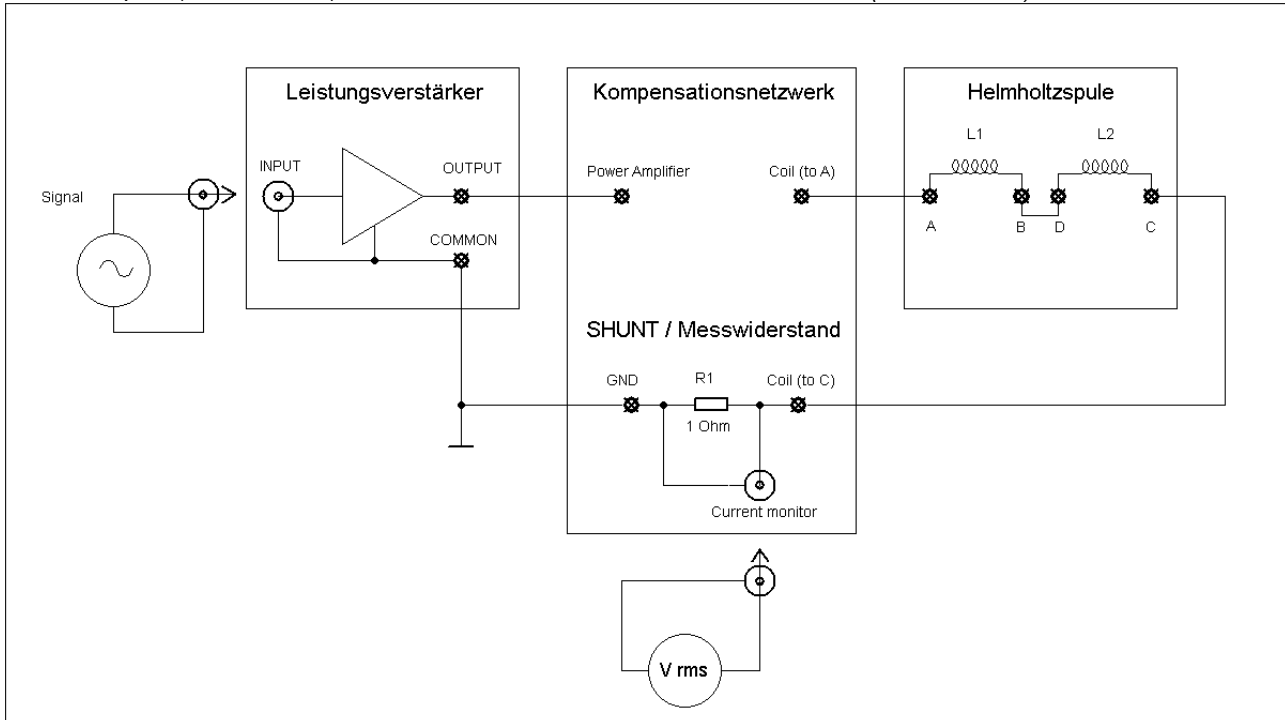
1. Power amplifier Schwarzbeck NFPA 9730
2. Function- or waveform generator
3. BNC-BNC cable to connect the function generator output to the amplifier input
4. Helmholtz coil Schwarzbeck HHS 5206-16
5. Compensation network Schwarzbeck NFCN 9731
6. IEEE 488 Bus-cable-set
7. True RMS Voltmeter
8. Cable set to connect NFPA 9730, NFCN 9731, HHS 5206, Voltmeter and function generator.
9. Personal computer with Windows and GPIB (IEEE-488) interface

Typical measurement setup containing a waveform generator, an amplifier (NFPA 9730), a compensation network (NFCN 9731) and a Helmholtz coil (HHS 5206-16):



Anschlussplan von Funktionsgenerator, Verstärker (NFPA 9730), Kompensationsnetzwerk (NFCN 9731), Helmholtzspule (HHS 5206-16) und RMS-Voltmeter:

Wiring diagram of the wave form generator, amplifier (NFPA 9730), compensation network (NFCN 9731), Helmholtz coil (HHS 5206-16) and the rms voltmeter:



Aufbau des Systems:

1. Helmholtz-Spule aufstellen. Das kurze, mitgelieferte Kabel verbindet die Klemmen „B“ und „D“.
2. Verstärkerausgang „OUTPUT“ mit Klemme „Power Amplifier“ des Kompensationsnetzwerkes verbinden.
3. Die Klemme „COMMON“ des Verstärkers und „GND“ des Kompensationsnetzwerkes miteinander verbinden. Klemme „GND“ kann geerdet werden.
4. Klemme „Coil (to A)“ des Kompensationsnetzwerkes mit der Klemme „A“ der Helmholtzspule verbinden und entsprechend Klemme „Coil (to C)“ mit „C“ verbinden.
5. „Current monitor“-Buchse des Kompensationsnetzwerkes mit True RMS Voltmeter verbinden.
6. Mit dem BNC-BNC Kabel den Ausgang des Funktionsgenerators mit dem Eingang des Verstärkers verbinden.
7. Den Pegelregler des Leistungsverstärkers auf Position „0“ (Minimum) drehen.
8. Für die Ansteuerung des NFCN 9731 unter Verwendung der Schwarzbeck „MagTest“ Software muss das NFCN 9731 mit der GPIB Schnittstelle des PC verbunden werden.

System setup:

1. Assemble the Helmholtz coils. The terminals „B“ and „D“ have to be connected with the short cable.
2. Connect the output of the amplifier labelled with „OUTPUT“ to the „INPUT“ terminal of the compensation network.
3. Connect the „GND“ terminal of the compensation network to the „COMMON“ terminal of the amplifier. The „GND“ terminals may be grounded.
4. Connect the terminal „Coil (to A)“ of the compensation network to terminal „A“ of the Helmholtz coil. And the equivalent terminal „Coil (to C)“ with the „C“ terminal of the coil.
5. Connect the terminal „Current Monitor“ of the compensation network with the true rms voltmeter.
6. Use the BNC-BNC-cable to connect the output of the waveform generator to the input of the amplifier.
7. Turn the level regulator of the power amplifier to minimum position „0“.
8. To be able to control the NFCN 9731 via Schwarzbeck software „MagTest“ you have to connect the NFCN 9731 to the GPIB-Interface of the personal computer.



Abb. 2 Frontansicht mit Schutzkappe



Abb. 3

Betrieb:

Vor der Inbetriebnahme des NFCN 9731 muss der Netzspannungswahlschalter an der Rückwand auf die örtliche Netzspannung eingestellt werden.

Zur Spannungswahl und zum Sicherungswechsel wird das kleine Gehäuse mit dem gelben Spannungsschiffelfeld herausgenommen, indem die kleine seitliche Lasche betätigt wird. Die Sicherungen (T315mA) sind nun zugänglich. Das Gehäuse wird nun mit den Sicherungen so eingesetzt, dass die korrekte Netzspannung (110V / 220V) sichtbar wird.

Achtung!

Vor dem Einschalten des Verstärkers, muss sichergestellt werden, dass kein Eingangssignal vom Funktionsgenerator anliegt und der Pegelregler des Verstärkers auf Minimum steht.

Operating:

Before putting the NFCN 9731 to operation you must adjust the selector switch for the mains power to the correct value (110V/220V)!

The voltage selector combined with the fuse holder at the rear panel has to be set to the local mains voltage. Remove the holder box with the yellow mains voltage field by pushing the lever. Insert the correct fuses (T315mA). Insert the holder box in the correct orientation for the mains voltage (110V / 220V).

Caution!

Before switching on the amplifier ensure that there is no input-signal from the waveform generator and the level regulator is set to minimum.

Grundsätzlich empfehlen wir folgende Vorgehensweise:

1. Den Pegelregler des Verstärkers auf „0“ (Minimum) stellen.
2. Alle Geräte ans Versorgungsnetz anschließen und einschalten.
3. Funktionsgenerator auf „SIGNAL OFF“ stellen.
4. Den Lautstärkereglers des Verstärkers auf Position 5 stellen.
5. Schwarzbeck „MagTest“ Software starten und Messung beginnen.

Alternativ: Manuelle Steuerung für Prüfwzwecke

1. Das Kompensationsnetzwerk über RS-232 oder GPIB mit dem Computer verbinden.
2. Den Pegelregler des Verstärkers auf „0“ (Minimum) stellen.
3. Alle Geräte ans Versorgungsnetz anschließen und einschalten.
4. Funktionsgenerator auf „SIGNAL OFF“ stellen.
5. Am Voltmeter die Messung von AC-Spannung, True-RMS einstellen.
6. Frequenz am Funktionsgenerator einstellen.
7. Die Kapazität (Thomsonsche Schwingungsgleichung) über ein Terminalprogramm (RS-232 / GPIB) am Kompensationsnetzwerk einstellen.
8. Funktionsgenerator-Pegel einstellen. (Die maximale Ausgangsspannung des Leistungsverstärkers NFPA 9730 wird bei einem Eingangsspegel von etwa 2.5 V_{rms} erreicht)
9. Vorsichtig den Pegel des Verstärkers erhöhen bis die vorgegebene Stromstärke (Spannung am internen 1 Ohm Messwiderstand) erreicht ist.
10. Wenn für eine weitere Messung Einstellungen am Kompensationsnetzwerk geändert werden müssen, ist der Pegelregler des Verstärkers auf Minimum zu stellen.
11. Vorgänge 6 bis 11 für jeden Messpunkt wiederholen.

Generally we are recommend following procedure:

1. Turn the level regulator of the amplifier to „0“ (minimum).
2. Connect all the devices to mains and turn them on.
3. Set the wave generator to „SIGNAL OFF“
4. Turn the level-regulator of the amplifier up to position 5.
5. Start up the Schwarzbeck „MagTest“ software.

Alternative: Manual control

1. Connect the compensation network via RS-232 or GPIB with the Computer.
2. Turn the level regulator of the amplifier to „0“ (minimum).
3. Connect all the devices to mains and turn them on.
4. Set the wave generator to „SIGNAL OFF“
5. Set the voltmeter to measure AC-voltage true RMS.
6. Set the desired frequency to the waveform generator
7. Adjust the capacity (Thomson's formula) of the compensation network with a terminal program (RS-232 / GPIB)
8. Set the level of the wave generator (The output voltage of the power amplifier NFPA 9730 is at the maximum when applying a level of approx. 2.5 V_{rms} to the input.
9. Turn the volume regulator up until the predefined amount of current flows (voltage read on the internal 1 Ohm shunt).
10. If frequency and/or adjustments have to be changed for another measurement on the compensation network you have to turn the level regulator to „0“ (minimum) first.
7. Repeat 6 to 11 for each reading point.

Schutzschaltungen

Das NFCN 9731 ist mit internen Schutzschaltungen ausgestattet um die Zerstörung des Gerätes bei Fehlbedienung zu verhindern:

Überspannungs- u. Überstromabschaltung:

Die maximale Spitzenspannung und der maximale effektive Strom der zuschaltbaren Kondensatoren ist abhängig von der Spannungsfestigkeit / Strombelastbarkeit des größten zugeschalteten Kondensators (siehe Tabelle unten).

Falls die zugeschalteten Kondensatoren Überlastet werden, wird die Schutzschaltung aktiviert. Die Schutzschaltung dämpft den Schwingkreis kurzzeitig (250ms). Anschließend werden die zuschaltbaren Kondensatoren überbrückt und die entsprechende LED: „Overload V“ oder „Overload I“ eingeschaltet.

Durch erneutes Setzen der Relais (durch Software oder manuell) kann die Messung fortgesetzt werden.

Relais - Umschaltenschutz:

Das NFCN 9731 verhindert selbständig Schaltvorgänge an den Kondensatoren unter Last*. Entsprechende GPIB / RS232 Befehle werden unter Last ignoriert.

Die Schutzschaltung betrifft nicht Bit 24 – Bit 31. (siehe Kapitel: Relais - Steuerwort).

Folgende Spannungen und Ströme der Kondensatoren dürfen maximal erreicht werden. In Klammern die dazugehörigen A/D-Wandlerwerte der Detektoren:

Kondensator Capacitor	I _{rms} , A _{rms}	U _{Spitze} V _{peak}
Through	32 (940)	-
C22 – C19	32 (940)	550 (302)
C18	32 (940)	850 (472)
C17 – C14	17 (500)	850 (472)
C13 – C11	17 (500)	1400 (780)
C10 – C9	5 (143)	1400 (780)
C8 – C5	3 (83)	1400 (780)
C4 – C0	2 (55)	1400 (780)

Protection circuits

The NFCN 9731 is equipped with internal protection circuits to avoid damage of the device through operating errors.

Overvoltage- and over-current-shutdown:

The maximum ratings for voltage and current of the entire capacitance are dependent on the capacitor with the highest capacity which is activated (see the table on bottom).

If the activated capacitors are overloaded the protection circuit will be activated. The protection circuit will damp the resonant circuit for 250ms. Afterwards all capacitors will be bypassed by a short and the relevant LED: “Overload V” or “Overload I” will be enabled.

By refreshing the relay-control-word (with software or manually) the measurement can be continued.

Relay-switching-protection:

The NFCN 9731 autonomously avoids switching operations at the capacitors under load. Sad GPIB / RS232 commands who corresponding the relays would be ignored.

The protection does not affect the bit 24 to bit 31. (see chapter *Relays-Control-Word*)

The following voltages and currents of the capacitors may not be exceeded. In the brackets are the A/D converter values of the detectors:

Schnittstellen

Das Kompensationsnetzwerk kann über folgende Schnittstellen angesteuert werden:

RS232

Die Verbindungsparameter müssen wie folgt gewählt werden:

Bits pro Sekunde: 4800
Datenbits: 8
Parität: Keine
Stoppbits: 1
Protokoll: Kein oder Hardware
EOS Character:<LF>

GPIO (IEEE-488) Primäradresse 4

Änderungen an den Einstellungen des Kompensationsnetzwerkes lassen sich mittels Strings vornehmen. Jeder Befehlsstring muss mit einem „Line Feed“ <LF> abgeschlossen werden.

*IDN?

Abfrage Geräteidentifikation

*RST

Rücksetzen der GPIO-Karte in einen definierten Zustand.

RST

Rücksetzen der Mikrocontroller-Einheit

TUN?

Abfrage der Relaiseinstellung.

TUN 12345678

Setzen der 32 Relais mit dem Relais-Steuerwort. Die genaue Zuordnung der Relais ist im folgenden Kapitel beschrieben. Es dürfen maximal 6 Kondensatoren gleichzeitig zugeschaltet werden!

UC?

Abfrage des A/D-Wandlers des Spannungsdetektors an den Kondensatoren. Wird der Wert größer 2 können keine Kondensatoren umgeschaltet werden. (Relais-Umschalterschutz)

IR?

Abfrage des A/D-Wandlers des Spannungsdetektors am 1 Ohm Shunt. Ist der Wert größer 3 können keine Kondensatoren umgeschaltet werden. (Relais-Umschalterschutz)

Interface

The compensation network can be controlled with the following interfaces:

RS232

The connection parameters have to be chosen as follows:

Bits per second: 4800
Bits per frame: 8
Parity: No
Stopbits: 1
Protocol: No or Hardware
EOS Character:<LF>

GPIO (IEEE-488) Primary Address 4

Taking modifications on the NFCN 9731 settings is done by sending just a single string. Each string must be completed with character "line feed" <LF>.

*IDN?

Identification query.

*RST

Internal reset of the GPIO-Module

RST

Internal reset of the micro-controller board.

TUN?

Query of the current setting of the relays.

TUN 12345678

Change the current setting of the 32 Relays with the relays-control-word. The assignment of the relays is specified on the following chapter. A maximum of 6 capacitors is allowed to be activated at same time!

UC?

Request of the A/D-converter of the voltage-detector at the capacitors. If the value is more than 2 no capacitors can be switched. (Relay-switching-protection)

IR?

Request of the A/D-converter of the voltage-detector at the 1 Ohm shunt. If the value is more than 3 no capacitors can be switched. (Relay-switching-protection)

Relais - Steuerwort

Das Steuerwort besteht aus 8 HEX-Zahlen (0–9, A–F). Jede HEX-Zahl steuert 4 Relais. Die 8 HEX-Zahlen müssen immer ausgeschrieben werden. Jeder Befehlsstring muss mit einem „Line Feed“ <LF> abgeschlossen werden.

Die Zuordnung des Steuerwortes zum Setzen oder Abfragen der Relais ist wie folgt:

Relays-Control-Word

The control word consists of 8 hex-numbers (0-9, A-F). Each digit regulates 4 relays. Each command needs the entire 8 HEX digits. Each string must be completed with character "line feed" <LF>.

The assignment of the relay latch map to the relays is as follow:

TUN	1				2				3				4				5				6				7				8				<LF>
BIT	31*	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

*MSB

TUN	Bit	Function	Beschreibung	Description
1	31	Short**	Kondensatoren Überbrückt	Bypass capacitors
	30	Damping**	10 Ohm Dämpfungswiderstand	Damping resistor 10 Ohm
	29	Overload I**	Schutzschaltung: Überstrom	Overcurrent protection
	28	Overload V**	Schutzschaltung: Überspannung	Overvoltage protection
2	27	Reserve**	X	X
	26	ATT 40 dB**	Kleinsignal Vorteiler: 40 dB*	Low level signal attenuator 40 dB*
	25	ATT 20 dB**	Kleinsignal Vorteiler: 20 dB*	Low level signal attenuator 20 dB*
	24	ATT 0 dB **	Kleinsignal Vorteiler: 0 dB*	Low level signal attenuator 0 dB*
3	23	-	-	
	22	C22	240 µF	Kondensatoren (maximal 6 zeitgleich)***
	21	C21	120 µF	
	20	C20	60 µF	
4	19	C19	32 µF	
	18	C18	16 µF	
	17	C17	8 µF	
	16	C16	4 µF	
5	15	C15	2 µF	
	14	C14	1 µF	
	13	C13	500 nF	
	12	C12	248 nF	
6	11	C11	128 nF	
	10	C10	64nF	
	9	C9	32 nF	
	8	C8	16 nF	
7	7	C7	8 nF	
	6	C6	4 nF	
	5	C5	2 nF	
	4	C4	1 nF	
8	3	C3	500 pF	
	2	C2	240 pF	
	1	C1	120 pF	
	0	C0	60 pF	
				Capacitors (maximum 6 at once)***

* Wenn alle Vorteiler-Relais deaktiviert sind, ist das Kleinsignal stumm geschaltet.

* The signal is muted if none of the attenuator relays is enabled.

** Diese Relais können im Gegensatz zu den Kondensator-Relais auch unter Last geschaltet werden. Des weiteren können die Schutzschaltungen des NFCN 9731 diese Zustände ändern.

** These relays can be switched under load in contrast to the capacitor-relays. Also the protection circuits of the NFCN 9731 can affect the state of these bits.

***Aufgrund der hohen Ströme im Schaltkreis der Relais dürfen maximal 6 Relais zeitgleich geschaltet sein. Die daraus folgenden Ungenauigkeiten in der Abstimmung der Resonanzfrequenz sind vernachlässigbar.

***Because of high coil-currents of the relays a maximum of 6 relays can be powered at the same time. The resultant inaccuracy of the tuning is insignificant.

HEX	Bin.				Dec.
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	2
3	0	0	1	1	3
4	0	1	0	0	4
5	0	1	0	1	5
6	0	1	1	0	6
7	0	1	1	1	7
8	1	0	0	0	8
9	1	0	0	1	9
A	1	0	1	0	10
B	1	0	1	1	11
C	1	1	0	0	12
D	1	1	0	1	13
E	1	1	1	0	14
F	1	1	1	1	15