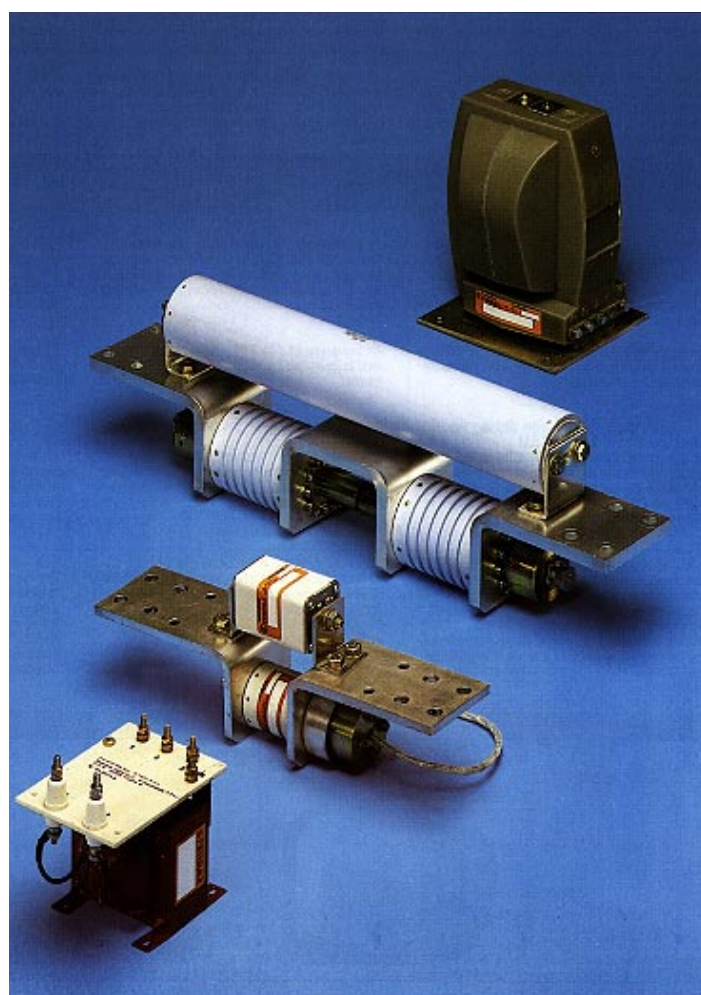




FUSIBLES PROTISTOR®



SYSTEMES PYRISTOR



SOMMAIRE

INTRODUCTION

Présentation - avantages techniques - avantages financiers

1 • Eléments constitutifs de la protection PYRISTOR (fig. 1)

- 1.1 - Pyrobreaker
- 1.2 - Déclencheur
- 1.3 - Transformateur
- 1.4 - Détecteur

2 • Description du PYROBREAKER

- 2.1 - Description d'ensemble (fig. 2 et 3)
- 2.2 - Description du moteur (fig. 4)

3 • Elimination d'un défaut par le système PYRISTOR

- 3.1 - Principe de fonctionnement (fig. 5, 6, 7, 8)
- 3.2 - Décomposition détaillée de la limitation d'un courant (fig. 9)

4 • Calcul approché des caractéristiques de coupure du PYROBREAKER

- 4.1 - Courant crête
- 4.1.1 - Tableau des formules
- 4.1.2 - Calcul du di/dt du courant de défaut (fig. 10 et 11)
- 4.2 - I^2t , tension de coupure et pertes en watts
- 4.3 - Exemple de calcul

5 • Copie oscillogrammes

6 • Conditions générales d'installation et de fonctionnement

- 6.1 - Longueur des câbles
- 6.2 - Courant nominal I_n
- 6.3 - Courant d'utilisation I
- 6.4 - Température limite de fonctionnement (fig. 13)
- 6.5 - Vieillesse

- 6.6 - Conditions de raccordements
- 6.7 - Vibrations
- 6.8 - Chocs
- 6.9 - Conditions de stockage

7 • Le problème doit être bien défini (fig. 14)

- 7.1 - Détermination du fusible
- 7.2 - Remarque fondamentale

8 • Applications

Quelques exemples :

- 8.1 - Protection des convertisseurs (fig. 15 à 20)
- 8.2 - Limitation de la puissance de court-circuit de deux sources couplées en parallèle (fig. 21)
- 8.3 - Protection des distributions en remplacement des selfs de limitation (fig. 22)
- 8.4 - Protection des distributions avec PYROBREAKERS en parallèle sur des selfs de limitation (fig. 23)

9 • Produits et assistances offerts par FERRAZ

- 9.1 - Les PYROBREAKERS seuls avec les transformateurs d'impulsion
- 9.2 - Le système PYRISTOR complet (fig. 24 à 28)
 - 9.2.1 - En kit
 - 9.2.2 - Sur châssis
 - 9.2.3 - Dans une armoire adaptée à l'installation
- 9.3 - Complément à la livraison d'un système PYRISTOR complet
 - 9.3.1 - Une notice
 - 9.3.2 - Un dossier technique
 - 9.3.3 - Un testeur
 - 9.3.4 - Une assistance
 - 9.3.5 - Un service après-vente

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION

Short description - technical and financial advantages

1 • The different components making up the PYRISTOR system (fig. 1)

- 1.1 - Pyrobreaker
- 1.2 - Controller
- 1.3 - Transformer
- 1.4 - Sensor

2 • Description of the PYROBREAKER

- 2.1 - Description of the PYROBREAKER unit (fig. 2 and 3)
- 2.2 - Description of the motor (fig. 4)

3 • Fault elimination using the PYRISTOR system

- 3.1 - Operating principles (fig. 5, 6, 7, 8)
- 3.2 - Detailed description of current limiting function (fig. 9)

4 • Mathematically determining the PYROBREAKER'S breaking characteristics

- 4.1 - Peak current
- 4.1.1 - Table of formulas
- 4.1.2 - Calculation of di/dt of the short-circuit current (fig. 10 and 11)
- 4.2 - I^2t arc voltage and watt losses
- 4.3 - Calculation example

5 • Oscillogram examples

6 • General installation and operating conditions

- 6.1 - Length of cables
- 6.2 - Rated current I_n
- 6.3 - Working current I
- 6.4 - Maximum operating temperature (fig. 13)

- 6.5 - Ageing
- 6.6 - Connection conditions
- 6.7 - Vibration limits
- 6.8 - Shock absorbing limits
- 6.9 - Storage conditions

7 • The problem should be well defined (fig. 14)

- 7.1 - Determining the fuse characteristics
- 7.2 - Important notes

8 • Applications

Some examples :

- 8.1 - Protection of converters (fig. 15 to 20)
- 8.2 - Limitation of the short-circuit power of two sources coupled in parallel (fig. 21)
- 8.3 - Protection of power distribution systems by replacement of current limiting reactors
- 8.4 - Protection of power distribution systems with PYROBREAKERS mounted in parallel across current limiting reactors (fig. 23)

9 • Products and technical assistance offered by FERRAZ :

- 9.1 - PYROBREAKERS alone with their pulse transformers
- 9.2 - Complete PYRISTOR system (fig. 24 to 28)
 - 9.2.1 - In kit set
 - 9.2.2 - On a frame
 - 9.2.3 - In a cubicle adapted to the installation
- 9.3 - In addition to the complete PYRISTOR system supply
 - 9.3.1 - A leaflet
 - 9.3.2 - A technical folder
 - 9.3.3 - A testing device
 - 9.3.4 - A technical assistance
 - 9.3.5 - An after sales service

INHALT

EINLEITUNG

Kurzbeschreibung - technische- und wirtschaftliche Vorteile

1 • Bestandteile der PYRISTOR-Sprengsatzsicherung (Bild 1)

- 1.1 - Sprengsatzsicherung
- 1.2 - Zündgerät
- 1.3 - Transformator
- 1.4 - Detektor

2 • Beschreibung der Sprengsatzsicherungen

- 2.1 - Gesamtbeschreibung (Bilder 2 und 3)
- 2.2 - Beschreibung des Antriebes (Bild 4)

3 • Schutz durch das PYRISTOR-System

- 3.1 - Funktionsprinzip (Bilder 5, 6, 7, 8)
- 3.2 - Detaillierte Beschreibung der Strombegrenzung (Bild 9)

4 • Angenäherte Berechnung der Funktionsdaten

- 4.1 - Spitzenstrom
- 4.1.1 - Übersicht über die Formeln
- 4.1.2 - Berechnung des di/dt des Fehlersstromes (Bilder 10 und 11)
- 4.2 - I^2t , Schaltspannung und Verlustleistung
- 4.3 - Rechenbeispiel

5 • Kopie von Oszillogrammen

6 • Allgemeine Installations- und Betriebsbedingungen

- 6.1 - Kabellängen
- 6.2 - Nennstrom I_n
- 6.3 - Betriebsstrom I
- 6.4 - Betriebsgrenztemperatur (Bild 13)
- 6.5 - Alterung

- 6.6 - Anschlußbedingungen
- 6.7 - Vibrationen
- 6.8 - Stoßeinwirkungen
- 6.9 - Lagerbedingungen

7 • Das Problem soll genau definiert werden (Abb. 14)

- 7.1 - Bestimmung der Schmelzsicherung
- 7.2 - Wichtiger Hinweis

8 • Anwendungen

Einige Beispiele :

- 8.1 - Schutz von Umrichtern (Bilder 15 bis 20)
- 8.2 - Begrenzung der Kurzschlußleistung von 2 parallel geschalteten Einspeisungen (Bild 21)
- 8.3 - Schutz von Verteilungen und Vermeidung der Begrenzungsdrosseln (Bild 22)
- 8.4 - Schutz von Verteilungen mit parallelen Begrenzungsdrosseln (Bild 23)

9 • Produktzusammenstellung und Lieferumfang

- 9.1 - Nur Sprengsatzsicherungen und Impulstransformatoren
- 9.2 - Ein komplettes PYRISTOR-System (Bilder 24 und 25)
 - 9.2.1 - als Bausatz
 - 9.2.2 - auf Grundgestell
 - 9.2.3 - in einem angepaßten Schrank
- 9.3 - Weitere Lieferanteile des kompletten PYRISTOR-Systemes
 - 9.3.1 - Dokumente
 - 9.3.2 - Weitere Produkte und Dienstleistungen (gegen Berechnung)

INTRODUCTION

Dans le domaine de la protection contre les courants de défaut, les recherches effectuées par la Société FERRAZ ont donné naissance à un dispositif de protection : le système PYRISTOR.

Le système PYRISTOR représente un progrès important dans le domaine de la protection des circuits électriques et électroniques de puissance.

Le système PYRISTOR s'impose pour la protection des équipements de basse et moyenne tension où circulent en permanence des courants importants. En cas de défaut, il assure une intervention rapide.

Le système PYRISTOR offre des avantages techniques et financiers :

- très grande vitesse de coupure: limitation d'un courant de défaut en quelques centaines de microsecondes, réduisant les courants crêtes à des valeurs très basses,
- très faibles pertes en watts : par exemple 220 W par phase pour un système 7200 V 400 A,
- équipements moins volumineux grâce à la limitation de la valeur crête des courants de court-circuit,
- dans les installations anciennes, le système PYRISTOR évite le remplacement très coûteux des appareils de protection dont le pouvoir de coupure est devenu insuffisant.

INTRODUCTION

The PYRISTOR system, developed by FERRAZ, is a new system for use in the field of fault current protection.

The PYRISTOR system represents a great progress in the field of protection for electric and electronic power circuits.

The PYRISTOR system is ideal for the protection of both low and high voltage equipment designed for high continuous current applications requiring fast action in the event of faults.

A PYRISTOR system offers the following technical and financial advantages :

- *very high breaking speed : the fault current limiting capacity of this system which takes only a few hundred microseconds to operate enables the usual high peak currents normally encountered to be reduced to very low levels*
- *very low watt loss : for example, 220 W per phase on a 7200 V / 4000 A pyrobreaker*
- *because of the limitation of the short-circuit current peak value, the size of equipment components can also be reduced*
- *for old installations, PYRISTORS avoid costly replacement of protection devices whose breaking capacity is no longer sufficient.*

EINLEITUNG

Auf dem Gebiet des Schutzes gegen Fehlerströme führten die Forschungsarbeiten der Firma FERRAZ zur Entwicklung einer neuen Schutzvorrichtung : der PYRISTOR-Sprengsatzsicherung.

Das PYRISTOR-System bietet einen bedeutenden Fortschritt im Schutz elektrischer und elektronischer Leistungskreise.

Das PYRISTOR-System ist besonders für den Schutz von Nieder- und Mittelspannungsanlagen geeignet, in denen ständig starke Ströme fließen und bei denen nach Störungen schnelle Eingriffe notwendig werden.

Das PYRISTOR-System bietet technische und wirtschaftliche Vorteile :

- sehr schnelle Trennung : die Begrenzung eines Fehlerstromes innerhalb einiger hundert Mikrosekunden bietet die Möglichkeit, Spitzenströme auf sehr niedere Werte zu reduzieren
- sehr geringe Verlustleistung : z.B. 220 W pro Phase für das Gerät mit 7200 V und 4000 A
- Verringerung der Anlagenabmessungen infolge der Reduzierung der Spitzenkurzschlußströme
- in alten Anlagen vermeidet ein PYRISTOR-System den kostspieligen Ersatz der Schutzgeräte, deren Schaltleistung nicht mehr ausreicht.

1. Eléments constitutifs d'un système PYRISTOR

La protection d'un circuit par le système PYRISTOR met en oeuvre 4 appareils. La figure 1 décrit ces 4 éléments avec leurs principaux raccordements.

Les 4 éléments d'un système PYRISTOR sont :

1.1 - Pyrobreaker

C'est l'organe qui va ouvrir le circuit à protéger, une décharge électrique devra lui être fournie pour son entrée en action.

1.2 - Déclencheur

C'est l'organe central qui va fournir la décharge électrique nécessaire pour faire fonctionner le PYROBREAKER.

1.3 - Transformateur

C'est un transformateur d'impulsion, spécialement conçu pour la Société FERRAZ, qui assure l'isolement entre le DÉCLENCHÉUR et le PYROBREAKER. En effet, le moteur du PYROBREAKER est au potentiel du circuit à protéger.

1.4 - Détecteur

C'est un appareil de mesure qui contrôle en permanence un paramètre du circuit. Le plus souvent, on mesure le courant circulant dans le circuit à protéger. Le résultat de la mesure est en permanence envoyé et analysé par le DÉCLENCHÉUR. Si le courant atteint la valeur critique préalablement choisie et indicatrice du défaut, le DÉCLENCHÉUR entre en action et fournit la décharge électrique nécessaire à la mise en action du PYROBREAKER.

1. The different components making up a PYRISTOR system

Figure 1 shows the four main components and the interconnections required in the PYRISTOR circuit protection system.

These four elements are :

1.1 - Pyrobreaker

This is the part which actually opens the circuit to be protected. It is triggered by an electrical discharge supplied by a controller.

1.2 - Controller

This is the central component which monitors the signal from the sensor and generates the electrical discharge to triggers the PYROBREAKER.

1.3 - Transformer

This is a pulse transformer specially designed by FERRAZ which isolates the CONTROLLER from the PYROBREAKER. (The motor of the PYROBREAKER is at the potential of the protected circuit.)

1.4 - Sensor

This is a measuring device which continually monitors a circuit parameter. Often this is the current flowing in the protected circuit. The CONTROLLER continuously monitors and processes this measured signal. As soon as the current reaches a preselected "fault value", the CONTROLLER supplies the electrical discharge which triggers the PYROBREAKER.

1. Die Bestandteile einer PYRISTOR-Sprengsatzsicherung

Für den Schutz eines Kreises mit einem PYRISTOR-System werden 4 Geräte eingesetzt. Bild 1 zeigt diese 4 Geräte und die wichtigsten Anschlüsse, die sie miteinander verbinden.

Die 4 Geräte des PYRISTOR-Systemes sind :

1.1 - Sprengsatzsicherung

Diese wird den zu schützenden Stromkreis unterbrechen. Sie benötigt einen elektrischen Zündimpuls, um wirksam zu werden.

1.2 - Zündgerät

Es ist das zentrale Organ, das den zum Auslösen der SPRENGSATZSICHERUNGEN benötigten elektrischen Zündimpuls abgibt.

1.3 - Transformator

Es handelt sich um einen speziell von der Firma FERRAZ definierten Impulstrafo, der die Isolierung des ZÜNDGERÄTES von der SPRENGSATZSICHERUNG gewährleistet, denn der Zündstromkreis der SPRENGSATZSICHERUNG liegt auf dem Potential des zu schützenden Kreises.

1.4 - Detektor

Er ist ein Meßgerät, das ständig einen Parameter des Kreises überwacht ; in den meisten Fällen wird der in dem zu schützenden Kreis fließende Strom gemessen. Das Ergebnis der Messung wird ständig zu dem ZÜNDGERÄT geleitet und von diesem analysiert. Wenn der Strom den vorher eingestellten kritischen Wert erreicht, der einen Fehler anzeigt, wird das ZÜNDGERÄT wirksam und liefert den elektrischen Zündimpuls, den die SPRENGSATZSICHERUNG benötigt, um ihrerseits wirksam zu werden.

1. Pyrobreaker / Pyrobreaker / Sprengsatzsicherung
2. Déclencheur / Controller / Zündgerät
3. Transformateur / Transformer / Transformator
4. Détecteur / Sensor / Detektor

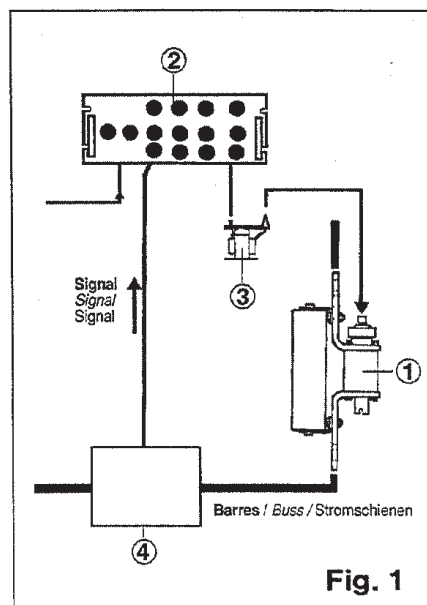
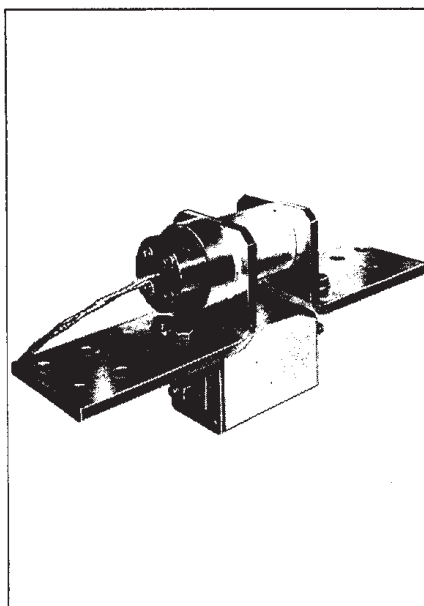
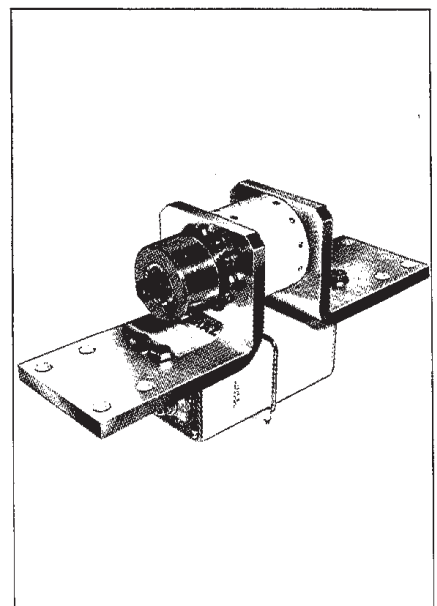


Fig. 1

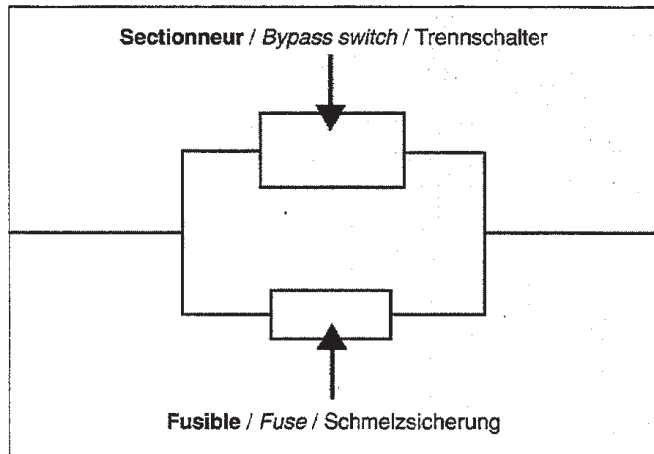


2. Description du PYRO-BREAKER

Un PYROBREAKER est composé de 2 éléments (voir fig. 2) :

- un sectionneur pyrotechnique à très grande vitesse d'ouverture,
- un fusible limiteur, connecté en parallèle aux bornes du sectionneur.

Ces 2 éléments ne peuvent en aucun cas être séparés.

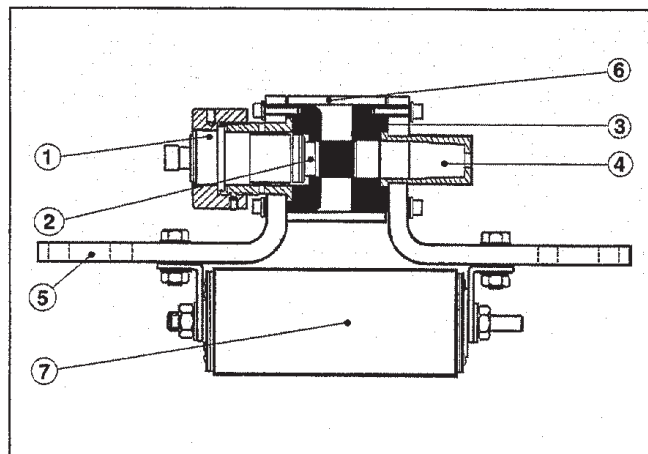


2. Description of the PYRO-BREAKER

A PYROBREAKER consists of two parts (see fig. 2) :

- a very fast opening percussion operated bypass switch,
- a limiting fuse connected in parallel across the percussion switch.

These two are integral parts of a unit and cannot be separated.



2. Beschreibung der SPRENGSATZSICHERUNG

Eine SPRENGSATZSICHERUNG besteht aus zwei Bauteilen (siehe Bild 2) :

- einem Sprengsatz-Trenner mit sehr großer Öffnungsgeschwindigkeit,
- einer strombegrenzenden Schmelzsicherung, die zu dem Trenner parallel geschaltet ist.

2.1 - Description (fig. 3)

- un moteur (1) :

La charge explosive est contenue dans ce moteur.

Une description détaillée du moteur est donnée dans le paragraphe 2.2.

- un piston (2) :

C'est une partie du moteur. Ce piston sera poussé violemment par l'explosion produite dans le moteur.

- une pièce massive en cuivre (3) :

Cette pièce permet le passage du courant permanent, avec des pertes en watts extrêmement faibles. C'est une pièce monobloc obtenue grâce à un usinage dans la masse d'une barre. Il n'y a donc aucune soudure ou contact sous pression.

- une chambre de réception (4) :

C'est dans cette chambre qu'un rondin de cuivre découpé et propulsé par le piston arrivera et restera coincé car cette chambre est de forme conique.

- des raccordements en cuivre (5)

- une enveloppe (6)

- un fusible (7) :

C'est un fusible ultra-rapide à très haut pouvoir de coupure. Ce fusible utilise la qualité et les techniques d'avant-garde des fusibles PROTISTOR et la Société FERRAZ.

2.1 - Description (fig. 3)

- motor (1) :

This motor contains the explosive charge and is described in detail in paragraph 2.2.

- piston (2) :

This is a part of the motor and is forced out violently by the explosion inside the motor.

- solid copper bar (3) :

This bar carries the current and has very low power losses. It is a solid monoblock machined from a single copper bar which means that unlike traditional systems, current does not have to flow through any soldered joints or contacts held together under pressure.

- a reception chamber (4) :

When the piston strikes the center of the bar, a copper rod is sheared and propelled and lodges in the conically shaped reception chamber.

- copper connections (5)

- a body (6)

- a fuse (7) :

This is a high breaking capacity, ultra fast-blowing fuse whose design is based upon the quality of advanced techniques of PROTISTOR fuses produced by FERRAZ.

2.1 - Beschreibung (Bild 3)

- Antrieb (1) :

Darin ist die Sprengladung enthalten. Im Abschnitt 2.2 finden Sie eine detaillierte Beschreibung.

- Kolben (2) :

Der Kolben ist Bestandteil des Antriebes. Er wird durch die im Antrieb hervorgerufene Explosion stark beschleunigt.

- Trennstück (3) :

Dieses ist die stromführende, aus einem Stück bearbeitete Sollbruchstelle. Sie enthält keinerlei Schweiß- oder Druckkontakt und erzeugt nur extrem geringe Verlustleistung.

- Aufnahmekammer (4) :

In diese Kammer gelangt der ausgeschnittene, vom Kolben getriebene Rundling und bleibt hier durch die konische Kammerform eingezwängt.

- Anschlüsse aus Kupfer (5)

- Gehäuse (6)

- Schmelzsicherung (7) :

Sie ist eine ultraflinke Sicherung mit sehr hohem Schaltvermögen. Der hohe Qualitätsstandard und die moderne Fertigungstechnik der PROTISTOR-Schmelzsicherungen sind darin berücksichtigt.

2.2 - Description du moteur pyrotechnique

La figure 4 donne une vue en coupe de ce moteur.

Le moteur est constitué d'une carcasse cylindrique en acier.

A l'intérieur se trouve une petite chambre dans laquelle on place les charges explosives.

L'épaisseur du mur d'acier autour de la chambre d'explosion est environ 10 mm.

La chambre d'explosion est fermée d'un côté par le piston et de l'autre côté par une pièce en acier supportant le connecteur.

Dans la chambre d'explosion se trouvent en réalité 2 charges distinctes :

- une charge initiale qui joue un rôle plus communément appelé : "détonateur". C'est de l'azoture de plomb.
- une charge principale constituée par 250 milligrammes d'hexogène qui est un explosif très stable et bien connu des spécialistes.

La charge principale ne peut exploser que sous l'effet de la petite explosion de la charge initiale.

La charge initiale explose seulement lorsqu'un fil très fin fond (en quelques microsecondes) sous l'effet d'une décharge électrique fournie par le DÉCLENCHEUR.

2.2 - Description of the motor

Figure 4 shows cross-sectional drawing of the motor.

The motor is made up of a cylindrical steel block.

A small chamber is located inside the block into which the explosive charges are fitted.

The thickness of the steel wall surrounding the explosion area is approximately 10 mm.

The explosion chamber is closed off on one side by the piston. On the opposite side, the chamber is closed off by a steel part housing the connector.

The explosion chamber contains two separate charges :

- a priming charge, commonly called the "detonator", made from lead hydrazoate.
- a main charge made up of 250 milligrams of hexogen which is a very stable explosive, well known to specialists.

Only the firing of the detonator can explode the main charge.

The detonator contains a very thin wire which melts when an electrical discharge supplied by the CONTROLLER is passed through it. Only this discharge can cause the detonator to explode.

2.2 - Beschreibung des Antriebes

Bild 4 zeigt einen Schnitt durch den Antrieb.

Der Motor besteht aus einem zylindrischen Gehäuse aus Stahl.

Darin befindet sich eine kleine Kammer, in welche die Sprengladungen eingesetzt werden.

Die Stahlwand um die Explosionskammer herum ist ca. 10 mm stark.

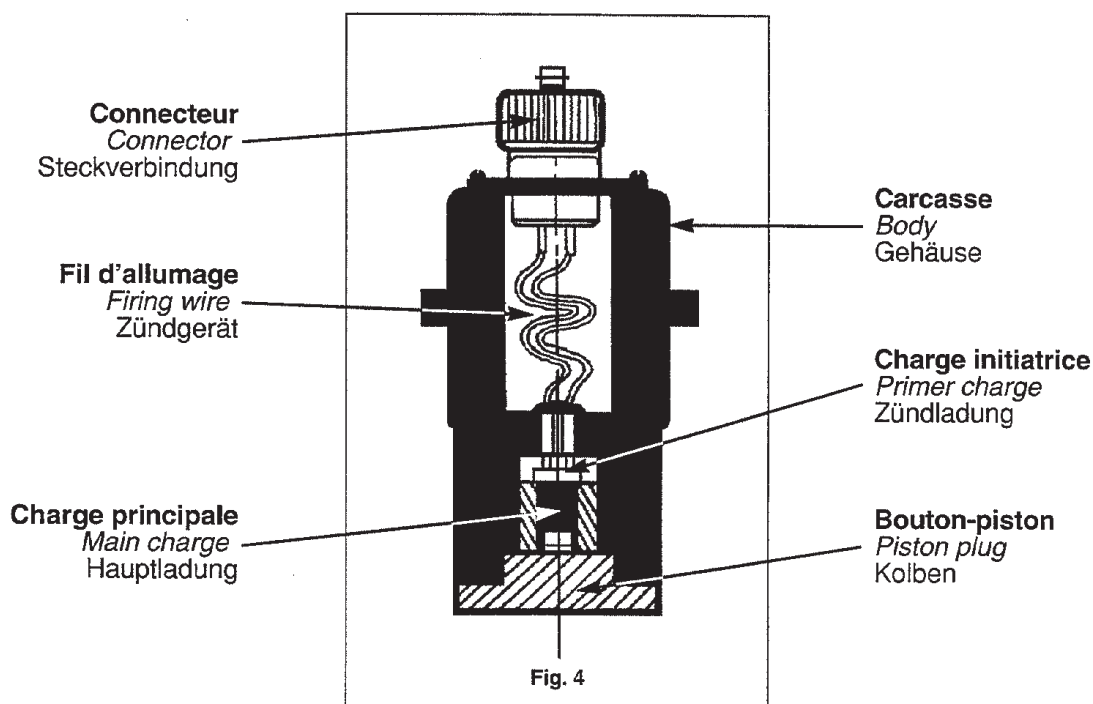
Die Explosionskammer wird an einer Seite durch den Kolben verschlossen. Der Verschluss an der anderen Seite besteht aus einem Teil aus Stahl, das die Steckverbindung aufnimmt.

In der Explosionskammer befinden sich 2 verschiedene Sprengladungen :

- eine Zündladung, die die Aufgabe der Initialzündung übernimmt. Sie ist aus Bleiazid.
- eine Hauptladung, bestehend aus 250 mg Hexogen, einem sehr stabilen, Fachleuten wohlbekannten Sprengstoff.

Die Hauptladung kann erst unter Einwirkung der kleinen Explosion der Zündladung freigesetzt werden.

Die Zündladung explodiert erst, wenn ein sehr feiner Draht innerhalb einiger Mikrosekunden durch einen elektrischen Impuls aus dem ZÜNDGERÄT geschmolzen wird.



3. Elimination d'un défaut par le système PYRISTOR

3.1 - Principe de fonctionnement

On détecte une grandeur (température, courant, di/dt , etc.) à ne pas dépasser. (Cette grandeur est fournie par un DÉTECTEUR et analysée en permanence par le DÉCLENCHÉUR.)

Lorsque cette grandeur atteint une valeur choisie, le DÉCLENCHÉUR envoie une décharge électrique qui provoque la mise à feu du détonateur.

T_D : durée de détection du défaut et de fabrication du signal de mise à feu.

3. Fault elimination using the PYRISTOR system

3.1 - Operating principles

The parameter to be monitored (temperature, current, di/dt , etc.) is detected by a SENSING DEVICE and is continually analyzed by the CONTROLLER.

When the value reaches a preselected threshold, the CONTROLLER sends an electric discharge to fire the detonator.

T_D : Fault detection time and firing signal development time.

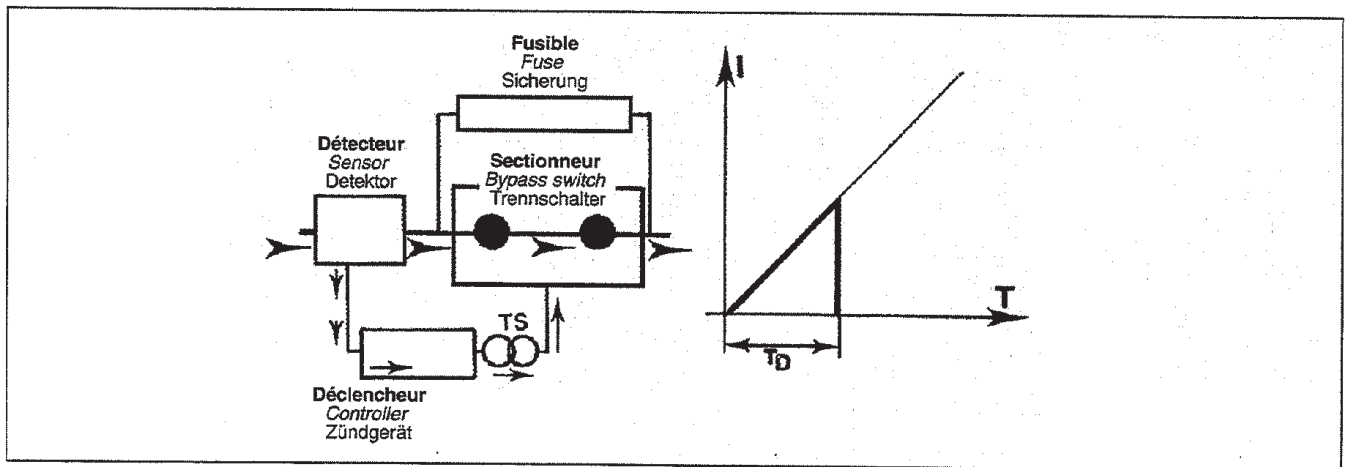
3. Schutz durch das PYRISTOR-System

3.1 - Funktionsprinzip

Es wird eine Grenzgröße überwacht (Temperatur, Strom, di/dt , usw.). Diese Größe wird von einem DETEKTOR abgegeben und vom ZÜNDGERÄT ständig analysiert.

Wenn diese Größe einen eingestellten Wert erreicht, gibt das ZÜNDGERÄT einen elektrischen Impuls ab, der die Initialzündung bewirkt.

T_D : Dauer der Fehlererkennung und der Erzeugung des Zündsignals.



Le rôle du sectionneur permet d'assurer le passage du courant permanent avec de très faibles pertes en watts. Le sectionneur ne peut en aucun cas ouvrir seul le circuit sous tension (aucun arc ne peut s'amorcer dans ce sectionneur).

Le rôle du fusible est de prendre seul en charge l'arc. Il joue le rôle de la chambre d'extinction de l'arc. Nous verrons dans les pages suivantes que sa durée de préarc joue un rôle très important.

The role of the bypass switch is to provide a low power loss path through which the required continuous load current flows. The bypass switch is not designed to open the circuit by itself (no provision for arc extinction incorporated in the bypass switch).

The fuse's role is to handle the arc. In the following pages we will see that its prearcing time plays a very important role.

Die Aufgabe des Trenners besteht darin, den Stromfluß mit sehr geringer Verlustleistung zu gewährleisten. Der Trenner kann den Kreis unter Spannung nicht allein öffnen, es darf kein Lichtbogen entstehen.

Die Aufgabe der Schmelzsicherung ist allein, den Lichtbogen zu übernehmen. Sie übt die Funktion einer Lichtbogenlöschkammer aus. Wir werden auf den nächsten Seiten sehen, daß ihre Schmelzzeit eine sehr große Rolle spielt.

Les figures 5, 6, 7 et 8 montrent les étapes principales du fonctionnement du PYROBREAKER.

Ces étapes sont donc :

- Figure 5 :

Explosion dans le moteur et début de la poussée du piston, c'est le début du cisaillement de la pièce en cuivre (8). Cette pièce est un rondin découpé dans la pièce en cuivre (3) décrite dans la figure 3. On peut voir dans les figures 6, 7 et 8 que le rondin de cuivre (8) se déplace, terminant sa course dans la chambre de réception (4).

Nota : entre le début de l'explosion et la fin du cisaillement, il ne faut environ que 100 μ s.

T_R : temps de réponse mécanique.

Figures 5, 6, 7 and 8 show the main stages in the operation of the PYROBREAKER.

The main stages are :

- Figure 5 :

Explosion inside the motor, the piston begins moving out from the motor to strike the copper bar (3). The copper rod (8) is sheared from the copper bar (3).

Figures 6, 7 and 8 show how the copper rod (8) moves away and lodges inside the reception chamber (4).

Note : the time from the beginning of the explosion to the end of shearing is only 100 μ s approximately.

T_R : mechanical response time.

Die Bilder 5, 6, 7 und 8 zeigen die wichtigsten Funktionsstufen der SPRENGSATZSICHERUNG.

Die Stufen sind :

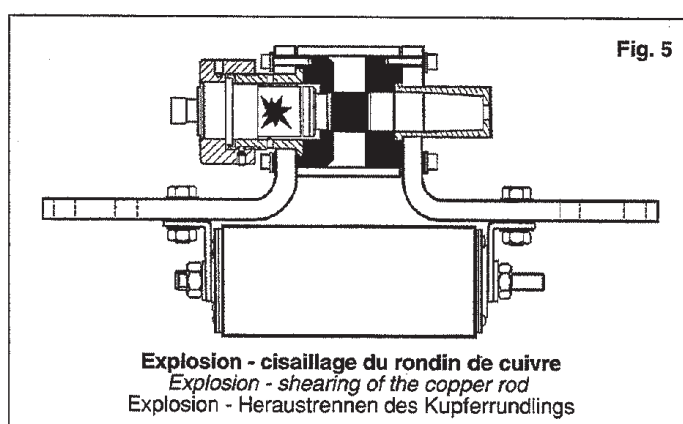
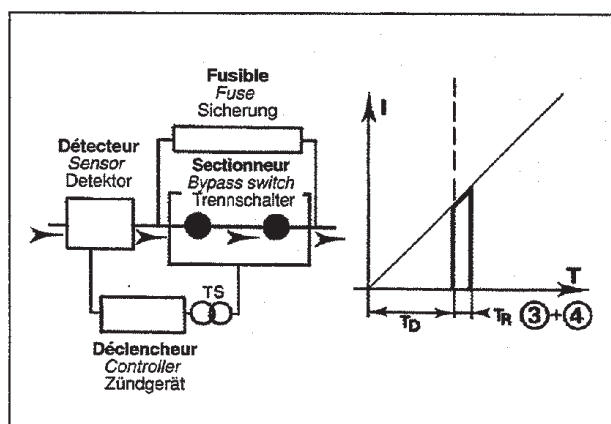
- Bild 5 :

Explosion im Antrieb und Beginn des Kolbenschubs. Dies ist der Beginn des Heraustrennens des Rundlings (8) der dem Trennstück (3) entstammt (Bild 3).

Den Bildern 6, 7 und 8 ist zu entnehmen, daß der herausgetrennte Rundling weiter beschleunigt wird und seinen Weg in der Aufnahmekammer (4) beendet.

Hinweis : Vom Anfang der Explosion bis zum Ende des Schervorganges vergehen nur ca. 100 μ s.

T_R : mechanische Reaktionszeit.



- Figure 6 :

La poussée du piston est terminée. En effet, le piston ne se déplace que de 5 mm. Son rôle a donc été de cisailier le rondin de cuivre (8) dans la pièce (3), puis de la propulser. Au moment où la poussée du piston est terminée, le rondin de cuivre se déplace vers la chambre de réception à la vitesse de 45 m/seconde. A ce moment, le courant ne peut plus passer dans le sectionneur, et passe alors dans le fusible. A la fin de la phase de préarc du fusible, la limitation à la valeur I_c du courant est établie.

T_P : durée de préarc du fusible.

- Figure 6 :

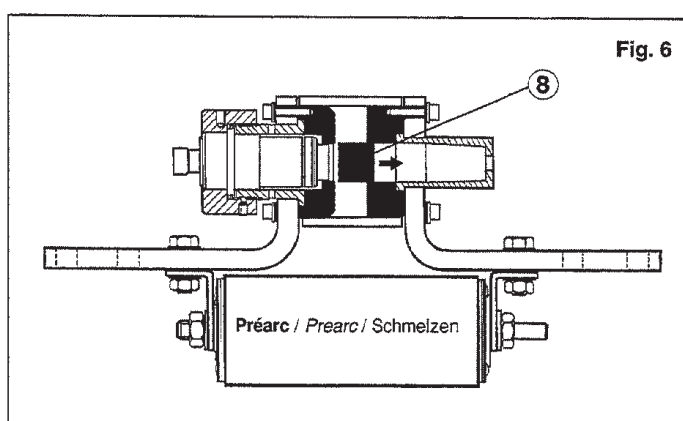
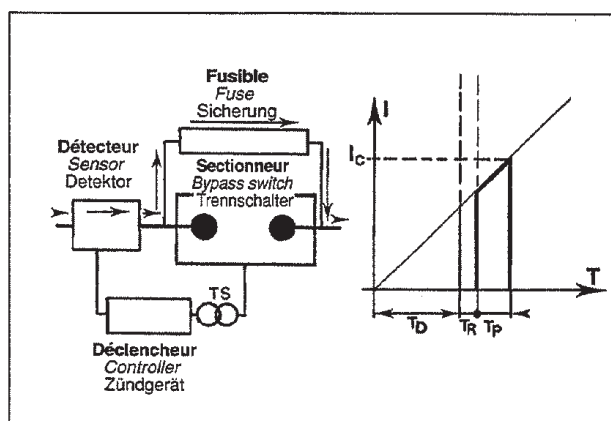
End of piston stroke. The piston travels only 5 mm. Its role therefore is to shear the copper rod (8) of the copper bar (3) and to propel it. At the moment the thrust ends, the copper rod is moving towards the reception chamber at a speed of 45 m/second. At this time, current is no longer flowing through the bypass switch but through the fuse. At the end of the fuse's prearcing process current limit I_c has been established.

T_P : fuse prearc time.

- Bild 6 :

Der Kolbenschub ist abgeschlossen. Der Kolben bewegt sich nur über eine 5 mm lange Strecke. Seine Aufgabe besteht darin, den Rundling (8) aus dem Teil (3) herauszuschneiden und ihn dann zu beschleunigen. Ist dies abgeschlossen, bewegt sich der Kupferrundling mit einer Geschwindigkeit von 45 m/s auf die Aufnahmekammer zu. Ab diesem Moment kann der Strom nicht mehr im Trenner fließen und ist auf die Schmelzsicherung kommutiert. Am Ende der Schmelzzeit hat der Kurzschlußstrom den Wert I_c eingenommen.

T_P : Schmelzzeit der Sicherung.



- Figure 7 :

Début du régime d'arc. On voit sur cette figure que le rondin de cuivre a déjà parcouru une distance "d" au moment où l'arc apparaît dans le fusible. A cette distance "d" correspond la durée de préarc, dont on voit l'importance, car il faut être certain que la distance "d" a été atteinte pour garantir l'impossibilité d'amorcer un arc dans le sectionneur au moment où l'arc débute dans le fusible.

T_A : durée de l'arc.

- Figure 7 :

Start of the arcing period. In figure 7 we can see that the copper rod has already travelled a distance "d" at the moment the arc appears in the fuse. This distance "d" is interconnected to the prearcing time since it must be reached to prevent the development of arcing in the bypass switch.

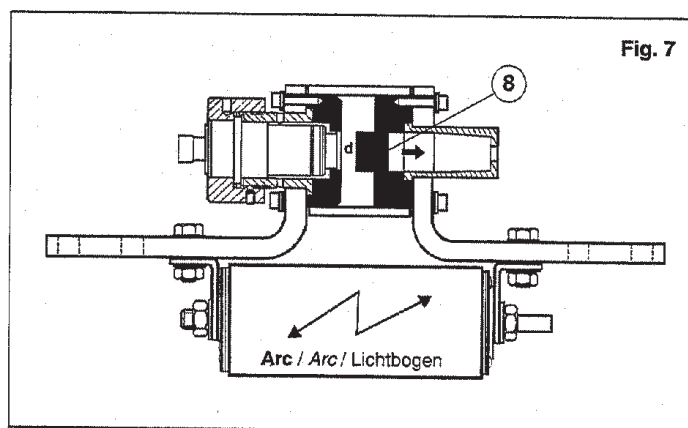
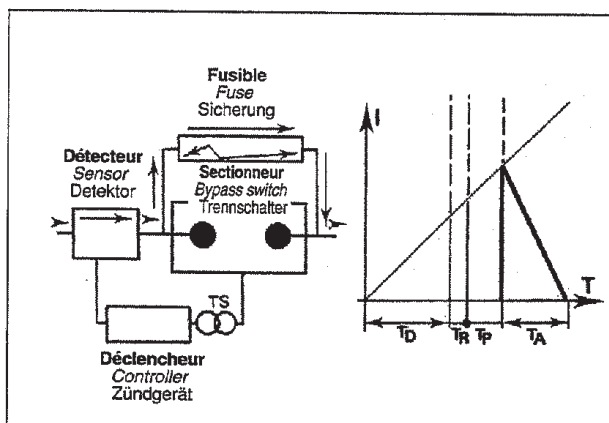
T_A : arc duration.

- Bild 7 :

Beginn des Lichtbogens. In dieser Abbildung ist zu erkennen, daß der Rundling bereits eine Strecke "d" zurückgelegt hat, wenn sich der Lichtbogen in der Schmelzsicherung ausbildet.

Diese Strecke "d" steht also in Abhängigkeit zur Schmelzzeit. Ihre Bedeutung wird dadurch erkennbar, daß "d" groß genug sein muß, um eine Lichtbogenzündung im Trenner zu dem Zeitpunkt der Lichtbogenbildung in der Sicherung zu vermeiden.

T_A : Lichtbogenzeit.



- Figure 8 :

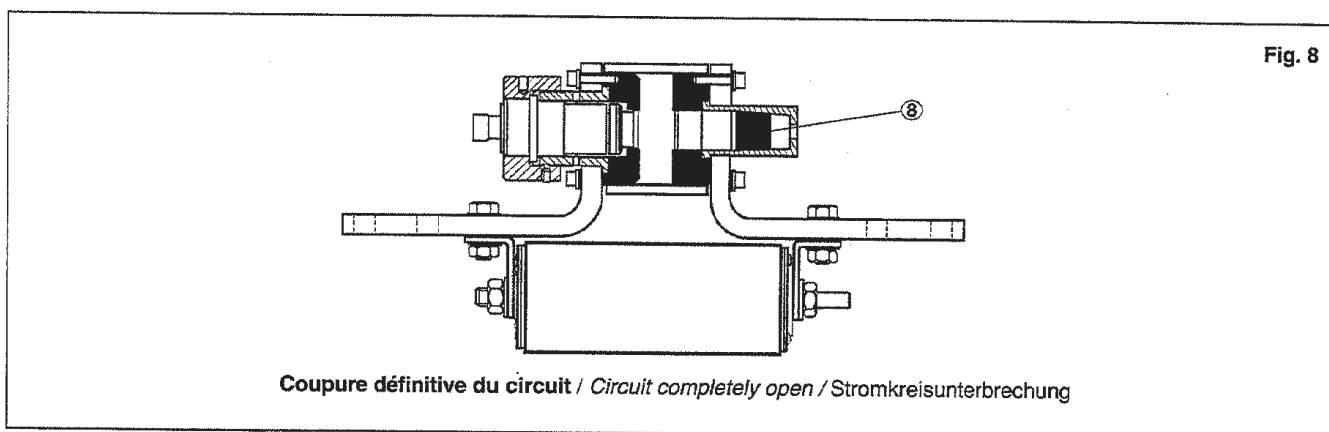
Fin du régime d'arc et ouverture totale du circuit. L'arc s'est développé dans le fusible qui en assure seul l'extinction. A ce moment là, le courant est descendu à la valeur zéro et le PYROBREAKER a définitivement ouvert le circuit. On constate pendant le régime d'arc que le rondin de cuivre (8) est arrivé dans la chambre de réception où il reste coincé.

- Figure 8 :

End of arcing period, circuit completely open. The arc has developed in the fuse which alone ensures its extinction. At this moment the current has dropped to zero and the PYROBREAKER has opened the circuit. It can be seen that the sheared copper rod (8) has reached and is lodged inside the reception chamber.

- Bild 8 :

Ende des Lichtbogens mit vollständiger Öffnung des Kreises ; der Lichtbogen in der Sicherung ist verloschen. Zu diesem Zeitpunkt ist der Strom auf den Wert Null abgesunken, und die SPRENGSATZSICHERUNG hat den Stromkreis endgültig geöffnet. Während der Lichtbogendauer ist der Rundling (8) in die Aufnahmekammer gelangt, und bleibt dort eingeklemmt.



3.2 - Description détaillée de la limitation du courant (fig. 9)

Nous avons fait apparaître dans le paragraphe précédent les durées T_D , T_R et T_P , la somme de ces durées étant la durée nécessaire pour limiter le courant à la valeur crête I_c .

En réalité, T_D est la somme des durées T_S et T_F .

3.2 - Detailed description of current limiting function (fig. 9)

In the preceding paragraph, reference was made to the time periods T_D , T_R and T_P ; the sum of these 3 periods represents the time period required to limit the current to a peak value I_c .

In fact T_D is the sum of the time periods T_S and T_F .

3.2 - Detaillierte Beschreibung der Strombegrenzung (Bild 9)

Wir haben im vorangehenden Abschnitt die Zeiten T_D , T_R und T_P aufgezeigt ; die Summe dieser Zeiten ist notwendig, um den Strom auf den Spitzenwert I_c zu begrenzen.

Genau genommen ist T_D die Summe der Zeiten T_S und T_F .

T_s : Durée nécessaire pour atteindre le courant de déclenchement I_D , tolérance de mesure comprise.

I_D max. est la valeur maximale du courant de déclenchement. Par rapport à la valeur nominale choisie I_D , on obtient I_D max. = $1,1 I_D$.

T_F : Durée nécessaire au DÉCLENCHEUR pour analyser le signal provenant du DÉTECTEUR, pour envoyer la décharge électrique et faire exploser le détonateur, soit environ 70 μ s.

T_R : Temps de réponse mécanique du PYROBREAKER. Cette durée est la somme du retard dû à l'inertie mécanique du moteur et à la durée nécessaire pour cisailer le rondin de cuivre, soit environ 100 μ s.

T_P : Durée de préarc du fusible, quelques centaines de microsecondes.

On peut alors écrire la formule suivante :
 $I_C = 1,1 I_D + (T_F + T_R + T_P) di/dt$

Le di/dt est la pente de la montée du courant de défaut. On considère cette pente constante pendant la durée $T_F + T_R + T_P$ et égale aux possibilités maximales.

T_s : Time period required to reach the triggering current I_D , measurement tolerance included.

I_D max. is the maximum value of the triggering current. It is arrived at by considering I_D as a minimum and $1,1 I_D$ as a maximum including tolerance.

T_F : Time period required by the CONTROLLER to analyze the signal supplied by the SENSOR and to send the electric discharge to fire the detonator. This duration is approximately 70 μ s.

T_R : Mechanical response of the PYROBREAKER. This time period is made up of the delay induced by the mechanical inertia of the motor and the time required for the piston to shear the copper bar. This duration is about 100 μ s.

T_P : Fuse prearcing time - a few hundred microseconds.

We can therefore write the following equation :
 $I_C = 1,1 I_D + (T_F + T_R + T_P) di/dt$

Where di/dt represents the fault current rate of rise. This rate of rise is taken to be constant during the period ($T_F + T_R + T_P$) and equal to the maximum possible value.

T_s : Zeit einschließlich Meßtoleranz die benötigt wird, um den Auslösestrom I_D zu erreichen, einschließlich Meßtoleranz.

I_D max. ist der Höchstwert des Auslösestromes. Bezogen auf den gewählten Nennwert I_D erhält man I_D max. = $1,1 I_D$.

T_F : Zeit, die das ZÜNDGERÄT benötigt, um das vom DETEKTOR kommende Signal zu analysieren, um den elektrischen Impuls zu bilden und den Initialzünder zur Explosion zu bringen (ungefähr 70 μ s).

T_R : Mechanische Reaktionszeit der SPRENGSATZSICHERUNG. Diese Zeit ist die Summe der durch die mechanische Trägheit des Antriebes bedingten Verzögerung und der zum Durchschneiden des Trennstückes erforderlicher Zeit (ungefähr 100 μ s).

T_P : Schmelzzeit der Sicherung von einigen hundert Mikrosekunden.

Es ergibt sich folgende Formel :

$$I_C = 1,1 I_D + (T_F + T_R + T_P) di/dt$$

Das di/dt ist die Anstiegsgeschwindigkeit des Fehlerstromes. Man geht davon aus, daß diese Flanke während der Zeit $T_F + T_R + T_P$ unverändert steil bleibt.

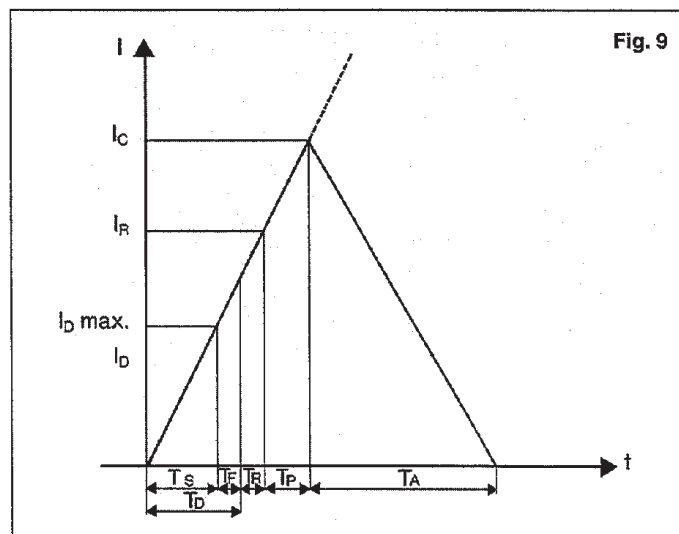


Fig. 9

4 • Calcul approché des caractéristiques du PYROBREAKER

4.1 - Calcul approché du courant crête I_C limité par le PYROBREAKER

4.1.1 - Tableau des formules

Comme nous l'avons vu précédemment, le calcul du courant crête I_C limité par le PYROBREAKER est complexe. Toutefois, les formules simplifiées ci-après permettent ce calcul avec une approximation suffisante.

4 • Mathematical approximation of PYROBREAKER's breaking characteristics

4.1 - Mathematical approximation of peak current I_C limited by PYROBREAKER

4.1.1 - Formula table

As we have already seen, the calculation of the peak current I_C limited by the PYROBREAKER is complex. The following simplified formulas provide a means of obtaining sufficiently accurate approximations.

4 • Angenäherte Berechnung der Funktionsdaten der SPRENGSATZSICHERUNG

4.1 - Angenäherte Berechnung des von der SPRENGSATZSICHERUNG begrenzten Spitzenstroms I_C

4.1.1 - Übersicht über die Formeln

Wie wir bereits gesehen haben, ist die Berechnung des durch die SPRENGSATZSICHERUNG begrenzten Spitzenstromes komplex, jedoch gestatten die nachstehenden vereinfachten Formeln diese Berechnung mit ausreichender Annäherung.

Calibre Current rating Nennstrom (A)	Tension nominale d'isolement Rated insulation voltage Nennisolationsspannung (V)	Tension d'utilisation U (efficace) Working voltage U (r.m.s.) Betriebsspannung U (eff) (kV) (*)	I _c (A) avec U en kV, di/dt en A/μs, I _D en A I _c (A) where U is in kV, di/dt in A/μs, I _D in A I _c (A) mit U in kV, di/dt in A/μs, I _D in A
2 600	2 500	0 à/to/bis 1,2	$I_c = 1,1 I_D + 260 \frac{di}{dt}$
		1,2 à/to/bis 2,5	$I_c = 1,1 I_D + [260 + 110 (U - 1,2)] \frac{di}{dt}$
4 500	2 500	0 à/to/bis 1,2	$I_c = 1,1 I_D + 300 \frac{di}{dt}$
		1,2 à/to/bis 2,5	$I_c = 1,1 I_D + [300 + 110 (U - 1,2)] \frac{di}{dt}$
4 000	7 200	2,6 à/to/bis 7,2	$I_c = 1,1 I_D + [480 + 120 (U - 2,5)] \frac{di}{dt}$
4 000	11 000	7,2 à/to/bis 11	$I_c = 1,1 I_D + [480 + 120 (U - 2,5)] \frac{di}{dt}$
3 000	24 000	4,6 à/to/bis 20	$I_c = 1,1 I_D + [530 + 55 (U - 4,6)] \frac{di}{dt}$

* En continu, limitée à 5 kV. Au-delà, nous consulter.

Note 1 :

• Formule basée sur une montée linéaire du courant, donc uniquement valable pour des courants de défaut suffisamment grands.

Note 2 :

• Dans quelques cas exceptionnels, des courants de défaut et/ou des valeurs I_D particulièrement élevés peuvent conduire à utiliser deux PYROBREAKERS en parallèle.

* In DC limited to 5 kV. For larger values, please consult us

Note 1 :

• Formula based on a linear rise of the current, therefore only valid for large enough fault currents.

Note 2 :

• In some exceptional cases, especially high fault currents and/or I_D values can lead to use two PYROBREAKERS in parallel.

* Für Gleichspannungen auf 5 kV begrenzt. Höhere Spannungen auf Anfrage.

Anmerkung 1 :

• Die Gleichung geht von einem linearen Stromanstieg aus - ist also nur bei genügend großen Kurzschlußströmen anwendbar.

Anmerkung 2 :

• In einigen Sonderfällen, bei hohen Fehlerströmen und/oder bei hohen Werten von I_D, kann die Parallelschaltung von zwei SPRENGSATZSICHERUNGEN notwendig werden.

4.1.2 - Calcul du di/dt du courant de défaut

2 grands cas sont à considérer :

- circuit à courant continu,
- circuit à courant alternatif.

CIRCUIT A COURANT CONTINU :

L'équation du courant de défaut est :

$$i = I_p (1 - e^{-\frac{L}{R} t})$$

Le di/dt maximum est alors donné par la formule :

$$\frac{di}{dt} = \frac{U}{L} = \frac{I_p}{\tau}$$

Nota : Avec U en V et L en μH, on obtient le di/dt en A/μs.

4.1.2 - Calculation of di/dt of fault current

There are two main cases to be considered :

- DC circuit,
- AC circuit.

DC CIRCUIT :

The fault current equation is :

$$i = I_p (1 - e^{-\frac{L}{R} t})$$

The maximum di/dt is therefore given by the equation :

$$\frac{di}{dt} = \frac{U}{L} = \frac{I_p}{\tau}$$

Note : where U is in V and L in μH, di/dt is in A/μs.

4.1.2 - Berechnung des di/dt des Fehlerstromes

Es sind zwei Fälle zu behandeln :

- Gleichstromkreis,
- Wechselstromkreis.

GLEICHSTROMKREIS :

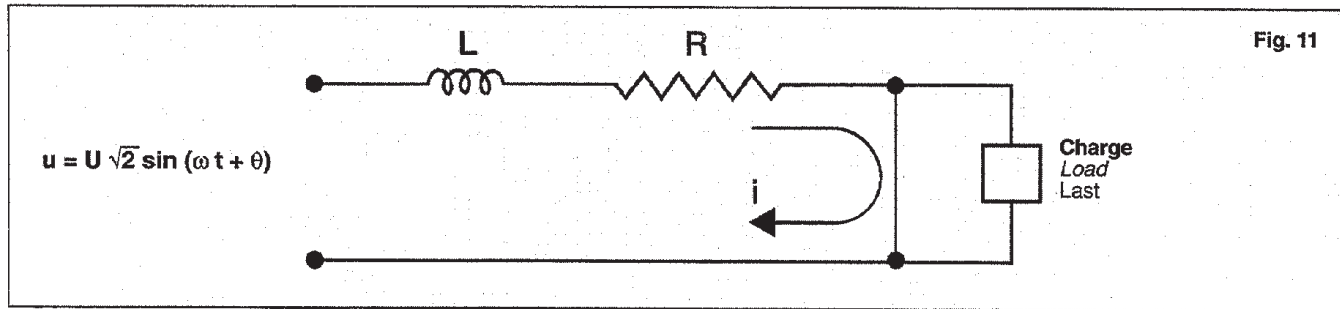
Die Gleichung des Fehlerstromes lautet :

$$i = I_p (1 - e^{-\frac{L}{R} t})$$

Das max. di/dt ergibt sich dann aus der Formel :

$$\frac{di}{dt} = \frac{U}{L} = \frac{I_p}{\tau}$$

Hinweis : Mit U in V und L in μH erhält man den di/dt in A/μs.



L'équation du courant de défaut est :

The fault current equation is :

Die Gleichung des Fehlerstromes lautet :

$$i = I_p \sqrt{2} [(\sin(\omega t + \theta - \varphi) - \sin(\theta - \varphi)) e^{-\frac{R}{L} t}]$$

avec I_p : valeur efficace symétrique du courant de défautwhere I_p : r.m.s. value of symmetrical component of fault current :mit I_p = symmetrischer Effektivwert des Fehlerstromes

$$I_p = \frac{U}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}}$$

$$I_p = \frac{U}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}}$$

$$I_p = \frac{U}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}}$$

 θ = angle d'enclenchement du défaut par rapport au zéro de tension. θ = fault closing angle with respect to zero voltage. θ = Winkel des Fehlers bezogen auf Spannung Null. φ = déphasage courant/tension. φ = current/voltage phase shift. φ = Phasenverschiebung Strom/Spannung. $\omega = 2\pi \cdot f$ où f est la fréquence. $\omega = 2\pi \cdot f$ where f is the frequency. $\omega = 2\pi \cdot f$. f ist die Kreisfrequenz.Le di/dt est alors donné par la formule :The maximum di/dt is therefore given by the equation :Das di/dt max. ergibt sich dann aus der Formel :

$$\frac{di}{dt} = I_p \sqrt{2} \cdot \omega$$

$$\frac{di}{dt} = I_p \sqrt{2} \cdot \omega$$

$$\frac{di}{dt} = I_p \sqrt{2} \cdot \omega$$

$$\text{donc : } \frac{di}{dt} = 2\pi f \cdot I_p \sqrt{2}$$

$$\text{donc : } \frac{di}{dt} = 2\pi f \cdot I_p \sqrt{2}$$

$$\text{donc : } \frac{di}{dt} = 2\pi f \cdot I_p \sqrt{2}$$

Nota : avec I_p en ampères et f en Hertz, on obtient un di/dt en ampères/seconde. (Les formules du tableau 1 utilisent un di/dt en ampères/secondes).Note : with I_p in amperes and f in Hertz we obtain di/dt in amperes/second (the formulas in table 1 use di/dt in amperes/microseconds).Hinweis : mit I_p in A und f in Hz erhält man ein di/dt in A/s. (Die Formeln der Tabelle 1 verwenden ein di/dt in A/ μ s).4.2 - I^2t , tension de coupure et pertes en watts4.2 - I^2t arc voltage and watt losses4.2 - I^2t , Schaltspannung und Verlustleistung4.2.1 - I^2t 4.2.1 - I^2t 4.2.1 - I^2t Une valeur approchée du I^2t de fonctionnement total de tous les PYROBREAKERS est donnée par la formule suivante :An estimated value of the total I^2t for all PYROBREAKERS is given by the following formula :Die Schaltspannung ist abhängig von der Ausführung der in der SPRENGSATZSICHERUNG verwendeten Schmelzsicherung. Der Höchstwert ist in der nachstehenden Tabelle in Abhängigkeit der Betriebsspannung angegeben. Die in der gleichen Tabelle genannten Verlustleistungen sind die Werte, die in Versuchen bei Nennstrom mit einer Umgebungstemperatur von 30°C ermittelt wurden, und gelten für mit 1 A/mm² bemessene Kupferanschlüsse.

$$I^2t = (5000 + \frac{I_c}{\frac{di}{dt}}) \times \frac{I_c^2}{3} \times 10^{-6}$$

$$I^2t = (5000 + \frac{I_c}{\frac{di}{dt}}) \times \frac{I_c^2}{3} \times 10^{-6}$$

$$I^2t = (5000 + \frac{I_c}{\frac{di}{dt}}) \times \frac{I_c^2}{3} \times 10^{-6}$$

- le di/dt est toujours exprimé en A/ μ s.
- I_c est exprimé en ampères et a été obtenu avec les formules du paragraphe 4.1.

- di/dt is always expressed in A/ μ s.
- I_c is expressed in amperes and was obtained using the formulas in paragraph 4.1.

- Das di/dt wird stets in A/ μ s ausgedrückt.
- I_c wird in A eingesetzt und wurde mit den Formeln vom Abschnitt 4.1 ermittelt.

4.2.2 - Tension de coupure et pertes en watts

4.2.2 - Arc voltage and watt losses

4.2.2 - Schaltspannung und Verlustleistung

La tension de coupure varie avec le modèle de fusible utilisé dans le PYROBREAKER. La valeur maximale est donnée dans le tableau ci-après en fonction de la tension d'utilisation. Les pertes en watts indiquées dans le même tableau sont celles obtenues à partir d'essais effectués au courant nominal avec une température ambiante égale à 30°C et des raccordements en cuivre, dimensionnés pour une densité de courant de l'ordre de 1 A/mm².The arc voltage varies as a function of the fuse model used in the PYROBREAKER. The maximum value is given in the table hereafter as a function of working voltage U . The watt losses values indicated in the same table have been obtained from tests carried out at the rated current at an ambient temperature of 30°C and copper connections dimensioned for a current density of approximately 1 A/mm².Die Schaltspannung ist abhängig von der Ausführung der in der SPRENGSATZSICHERUNG verwendeten Schmelzsicherung. Der Höchstwert ist in der nachstehenden Tabelle in Abhängigkeit der Betriebsspannung angegeben. Die in der gleichen Tabelle genannten Verlustleistungen sind die Werte, die in Versuchen bei Nennstrom mit einer Umgebungstemperatur von 30°C ermittelt wurden, und gelten für mit 1 A/mm² bemessene Kupferanschlüsse.

Calibre Current rating Nennstrom (A)	Tension nominale d'isolement Rated insulation voltage Nennisolationsspannung (V)	Tension d'utilisation U Working voltage U Betriebsspannung U (kV)	Tension de coupure Arc voltage Schaltspannung	Pertes en watts Watt losses Verlustleistung (W)
2 600	2 500	0 à/to/bis 2,5	2,75 x U	120
4 500	2 500	0 à/to/bis 2,5	2,75 x U	220
4 000	7 200	2,6 à/to/bis 7,2	2,60 x U	230
4 000	11 000	7,2 à/to/bis 11	2,60 x U	230
3 000	24 000	4,6 à/to/bis 20	2,40 x U	320

4.3 - Exemple de calcul

Soit le problème suivant :

- tension à couper U = 4 000 V
- fréquence f = 50 Hz
- courant présumé de défaut I_p = 35 000 A
- courant nominal I_N = 2 500 A
- courant de déclenchement I_d = 10 000 A

Pour réaliser la protection, on retient le modèle 4 000 A de tension nominale d'isolement 7 200 V.

- Calcul du courant crête I_c :

$$I_c = 1,1 I_p + [480 + 120 (U - 2,5)] \frac{di}{dt}$$

Il faut d'abord calculer le $\frac{di}{dt}$

$$\frac{di}{dt} = 2 \cdot \pi f \cdot I_p \sqrt{2}$$

$$\frac{di}{dt} = 15 542 000 \text{ A/s}$$

soit $\frac{di}{dt} = 15,54 \text{ A/}\mu\text{s}$

On trouve donc :

$$I_c = 11 000 + 10 257, \text{ soit } I_c = 21 257$$

On retiendra donc I_c = 21 300 A

- Calcul du I²t total de fonctionnement :

$$I^2t = (5 000 + \frac{I_c}{\frac{di}{dt}}) \cdot \frac{I_c^2}{3} 10^{-6}$$

donc I²t = 963 434

On retiendra donc I²t = 965 000 A²s

- Tension de coupure :

Elle dépend surtout du fusible utilisé dans le PYROBREAKER. Comme la tension à couper est de 4 000 V, nous avons choisi un fusible de tension nominale 4 000 V :

donc, tension de coupure = 2,6 x U

soit, tension de coupure = 10 400 V

4.3 - Calculation example

The following values are known :

- voltage U = 4 000 V r.m.s.
- frequency f = 50 Hz
- prospective fault current I_p = 35 000 A r.m.s.
- rated current I_N = 2 500 A r.m.s.
- triggering current I_d = 10 000 A

The 4 000 A model with rated insulation voltage of 7 200 V would be suitable for this application.

- Calculating the peak current I_c :

$$I_c = 1,1 I_p + [480 + 120 (U - 2,5)] \frac{di}{dt}$$

We must first of all calculate $\frac{di}{dt}$

$$\frac{di}{dt} = 2 \cdot \pi f \cdot I_p \sqrt{2}$$

$$\frac{di}{dt} = 15 542 000 \text{ A/s}$$

soit $\frac{di}{dt} = 15,54 \text{ A/}\mu\text{s}$

We therefore find that :

$$I_c = 11 000 + 10 257 \text{ or } I_c = 21 257$$

We therefore will use I_c = 21 300 A

- Calculating overall working I²t :

$$I^2t = (5 000 + \frac{I_c}{\frac{di}{dt}}) \cdot \frac{I_c^2}{3} 10^{-6}$$

therefore I²t = 963 434

We will therefore use I²t = 965 000 A²s

- Arc voltage :

This above all depends on the fuse used in the PYROBREAKER. As the voltage to be interrupted is 4 000 V, we have selected a fuse rated at 4 000 V.

The breaking voltage will therefore be = 2,6 x U

or, arc voltage = 10 400 V

4.3 - Beispiel

Gegeben sind :

- Betriebsspannung U = 4 000 V
- Frequenz f = 50 Hz
- Fehlerstrom I_p = 35 000 A
- Nennstrom I_N = 2 500 A
- Auslösestrom I_d = 10 000 A

Für die Realisierung des Schutzes ist das Gerät 4 000 A mit Nennisolationsspannung 7 200 V zu wählen.

- Berechnung des Spitzenstromes I_c :

$$I_c = 1,1 I_p + [480 + 120 (U - 2,5)] \frac{di}{dt}$$

Zunächst ist di/dt zu berechnen $\frac{di}{dt}$

$$\frac{di}{dt} = 2 \cdot \pi f \cdot I_p \sqrt{2}$$

$$\frac{di}{dt} = 15 542 000 \text{ A/s}$$

soit $\frac{di}{dt} = 15,54 \text{ A/}\mu\text{s}$

Somit erhalten wir :

$$I_c = 11 000 + 10 257, \text{ also } I_c = 21 257$$

Also nehmen wir : I_c = 21 300 A (gerundet)

- Berechnung des Gesamtabschaltintegrals I²t :

$$I^2t = (5 000 + \frac{I_c}{\frac{di}{dt}}) \cdot \frac{I_c^2}{3} 10^{-6}$$

I²t = 965 000 A²s (gerundet)

- Schaltspannung :

Sie ist in erster Linie abhängig von der in der SPRENGSATZSICHERUNG verwendeten Schmelzsicherung. Da die Betriebsspannung 4 000 V beträgt, haben wir eine Schmelzsicherung mit der Nennspannung 4 000 V gewählt, also :

Schaltspannung = 2,6 x U = 10 400 V

• **Durée totale de fonctionnement :**
Dans l'hypothèse d'une onde de courant pratiquement triangulaire, la durée de fonctionnement totale est :

$$t_t = \frac{I_p^2 t}{I_c^2} \quad t_t = 0,00638 \text{ s}$$

soit $t_t = 6,4 \text{ ms}$

• **Total operating time :**
If we assume the current waveform to be practically triangular, the total operating time is :

$$t_t = \frac{I_p^2 t}{I_c^2} \quad t_t = 0.00638 \text{ s}$$

soit $t_t = 6.4 \text{ ms}$

• **Gesamtfunktionszeit :**
 In der Annahme eines praktisch dreieckförmigen Stromverlaufes beträgt die Gesamtfunktionszeit :

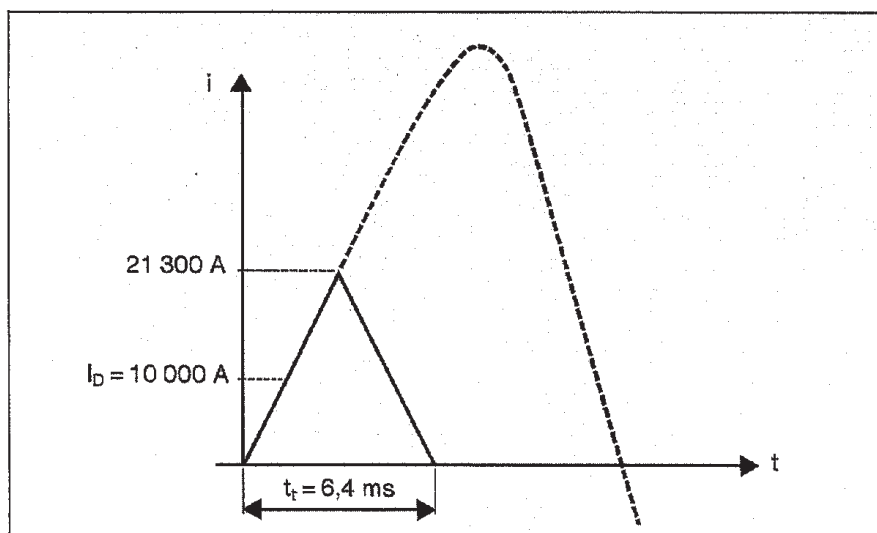
$$t_t = \frac{I_p^2 t}{I_c^2} \quad t_t = 0,00638 \text{ s}$$

also $t_t = 6,4 \text{ ms}$

Récapitulatif des performances

Recapitulation of performance data :

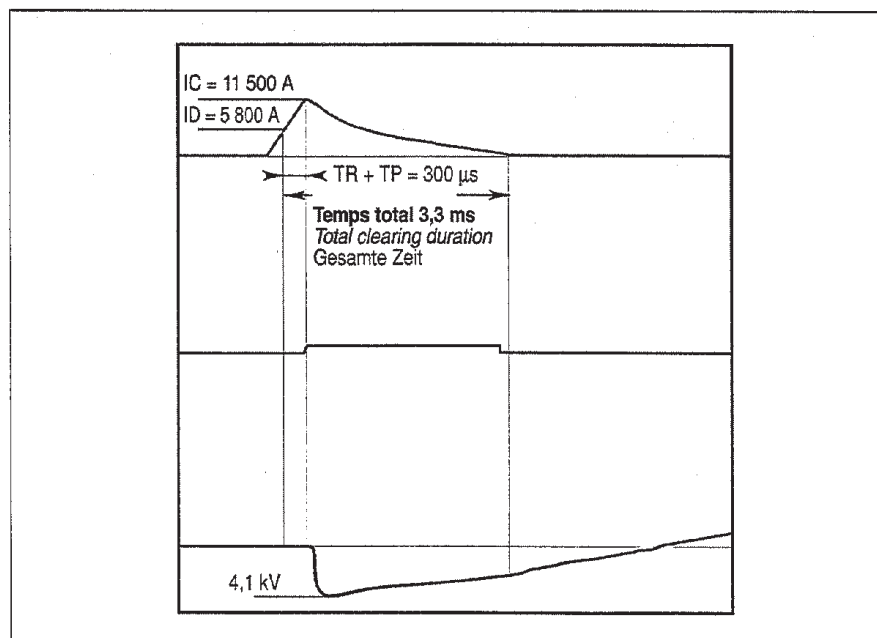
Zusammenfassung der Werte



5. Copies d'oscillogrammes

5. Oscillograms

5. Oszillogramme



Conditions d'essais

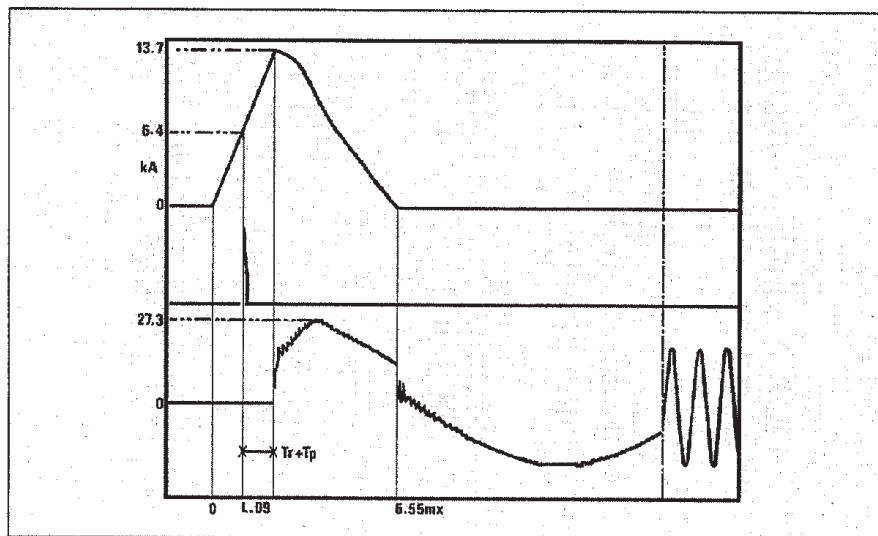
$U = 2\,200 \text{ V}$ (tension à couper)
 $I_p = 41 \text{ kA}$ (courant présumé)
 $\theta = 71^\circ$ (angle d'enclenchement)
 $\cos \varphi = 0,1$ (facteur de puissance)
 $I_D = 5\,800 \text{ A}$ (courant de déclenchement)

Test conditions

$U = 2\,200 \text{ V}$ (voltage)
 $I_p = 41 \text{ kA}$ (prospective fault current)
 $\theta = 71^\circ$ (closing angle)
 $\cos \varphi = 0,1$ (power factor)
 $I_D = 5\,800 \text{ A}$ (triggering current)

Versuchsbedingungen

$U = 2\,200 \text{ V}$
 $I_p = 41 \text{ kA}$
 $\theta = 71^\circ$ (Einschaltwinkel)
 $\cos \varphi = 0,1$
 $I_D = 5\,800 \text{ A}$ (Auslösestrom)



Conditions d'essais

$U = 13\,500\text{ V}$ (tension à couper)
 $I_p = 14,5\text{ kA}$ (courant présumé)
 $\theta = 55^\circ$ (angle d'enclenchement)
 $\cos \varphi = 0,06$ (facteur de puissance)
 $I_D = 6\,400\text{ A}$ (courant de déclenchement)

Test conditions

$U = 13\,500\text{ V}$ (voltage)
 $I_p = 14,5\text{ kA}$ (prospective fault current)
 $\theta = 55^\circ$ (closing angle)
 $\cos \varphi = 0,06$ (power factor)
 $I_D = 6\,400\text{ A}$ (triggering current)

Versuchsbedingungen

$U = 13\,500\text{ V}$
 $I_p = 14,5\text{ kA}$
 $\theta = 55^\circ$ (Einschaltwinkel)
 $\cos \varphi = 0,06$
 $I_D = 6\,400\text{ A}$ (Auslösestrom)

6. Conditions générales d'installation et de fonctionnement

Un certain nombre de conditions générales sont à respecter.

Les conditions énoncées dans cette notice ne constituent pas une mise en route. La notice de mise en route fera l'objet d'un bulletin technique séparé, fourni avec le matériel.

6. General installation and operating conditions

A certain number of general conditions must be respected.

Conditions described in this manual do not constitute an installation procedure. Installation conditions are given in a separate manual supplied with the equipment.

6. Allgemeine Installations- und Betriebsbedingungen

Eine gewisse Anzahl allgemeiner Bedingungen sind einzuhalten.

Die in dieser Beschreibung genannten Bedingungen bilden keine Inbetriebnahmeanweisung. Die Inbetriebnahmeanweisung ist in einem eigenen auf Anfrage mit den Geräten gelieferten technischen Merkblatt enthalten.

6.1 - Dimension des câbles (fig. 12)

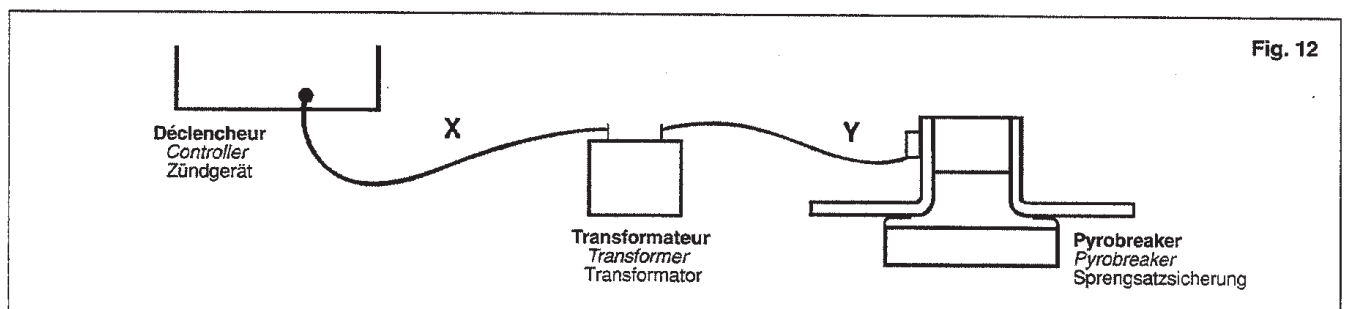
Les câbles relient le déclencheur au transformateur ainsi que le transformateur au PYROBREAKER et ne doivent pas dépasser une certaine longueur.

6.1 - Cable dimensions (fig. 12)

The cables which connect the controller to the transformer and the transformer to the PYROBREAKER must not exceed a certain length :

6.1 - Bemessung der Kabel (Bild 12)

Die Kabel verbinden den Zündgerät mit dem Transformator und den Transformator mit der SPRENGSATZSICHERUNG und dürfen eine bestimmte Länge nicht überschreiten.



Soit X la longueur du câble entre le déclencheur et le transformateur.

X is the cable length between the firing unit and the transformer.

X sei die Länge des Kabels zwischen Zündgerät und Transformator.

Soit Y la longueur du câble entre le transformateur et le PYROBREAKER.

Y is the cable length between the transformer and the PYROBREAKER.

Y sei die Länge des Kabels zwischen Transformator und SPRENGSATZSICHERUNG.

Il faut respecter la formule suivante : $X + 2,8 Y \leq 15\text{ m}$

The following must be respected : $X + 2,8 Y \leq 15\text{ m}$

Es ist folgende Formel einzuhalten : $X + 2,8 Y \leq 15\text{ m}$

Section des câbles : $1,34\text{ mm}^2$ minimum.

Cable cross-sectional area : $1,34\text{ mm}^2$ minimum.

Kabelquerschnitt $\geq 1,34\text{ mm}^2$, in einer bevorzugt abgeschirmten Ausführung.

Type de câble : de préférence blindé.

Cable type : preferably shielded.

6.2 - Courant nominal I_N

Le courant nominal I_N d'un PYROBREAKER est obtenu dans des conditions spécifiques :

- température ambiante : 30°C
- raccords en cuivre dont la section est définie par une densité de courant de 1 A/mm². Des valeurs plus précises sont contenues dans la NT PYRO 250.

6.3 - Courant d'utilisation I

Le courant d'utilisation I est le courant qui passera en permanence dans le PYROBREAKER. Ce courant peut être égal à I_N si les conditions du paragraphe 6.2 sont respectées. Si ces conditions ne sont pas respectées, il faut alors $I < I_N$.

- Dans le cas où seule la température ambiante θ_A ne peut être respectée, c'est-à-dire supérieure à 30°C, on peut déterminer la valeur du courant d'utilisation I par la formule suivante :

$$I = I_N \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_A}{\theta_s - 30}}$$

- Dans le cas où les dimensions des raccords seraient inférieures à celles spécifiées, nous consulter. Cependant, un test peut être effectué en mesurant une température θ_s dont la limite supérieure est donnée (voir paragraphe 6.4).

6.4 - Température limite θ_s du sectionneur du PYROBREAKER (fig. 13)

Quelles que soient les conditions de température ambiante et de raccords, une température θ_s mesurée en un certain point du PYROBREAKER (voir fig. 13) ne peut être dépassée. Cette température est indiquée pour chaque modèle dans la notice décrivant tous les PYROBREAKERS.

6.2 - Current rating I_N

Special conditions apply to the determination of the rated current I_N of a PYROBREAKER :

- ambient temperature : 30°C
- copper connections whose cross-sectional area is defined by a current density of 1 A/mm². More precise values are included in our NT PYRO 250.

6.3 - Working current I

The working current I is the current which is flowing continuously through the PYROBREAKER. This current can be equal to I_N if the conditions specified in paragraph 6.2 are respected. If these conditions are not respected, then $I < I_N$ must be adopted.

- If ambient temperature θ_A is the only condition which cannot be respected, i.e. where it is higher than 30°C, the working current I can be determined by means of the following formula :

$$I = I_N \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_A}{\theta_s - 30}}$$

- If the connection dimensions are less than those specified, please consult us. However, a test can be carried out by measuring temperature θ_s to determine the upper limit (see paragraph 6.4).

6.4 - Maximum temperature θ_s of the PYROBREAKER (fig. 13)

Whatever the ambient temperature and connection conditions, temperature θ_s measured at a certain point in the PYROBREAKER must not be exceeded (see fig. 13). The temperature is specified in the PYROBREAKER manual for each model.

6.2 - Nennstrom I_N

Der Nennstrom I_N einer SPRENGSATZSICHERUNG wird unter bestimmten Bedingungen definiert :

- Umgebungstemperatur : 30°C
- Anschlüsse aus Kupfer mit einer Stromdichte von 1 A/mm². Genauere Werte sind in NT PYRO 250 enthalten.

6.3 - Betriebsstrom I_B

Der Betriebsstrom I_B ist der Strom, der ständig durch die SPRENGSATZSICHERUNG fließt. Dieser Strom kann gleich I_N sein, wenn die Bedingungen des Abschnitts 6.2 eingehalten werden. Im gegenteiligen Fall muß $I_B < I_N$ sein.

- Wenn die Umgebungstemperatur θ_u allein nicht eingehalten werden kann, d.h. wenn sie 30°C übersteigt, kann man den Wert des Betriebsstroms I_B nach folgender Formel errechnen :

$$I = I_N \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_u}{\theta_s - 30}}$$

- Wenn die Abmessungen der Anschlüsse geringer sein sollen als angegeben, bitten wir um Rückfrage. Es kann jedoch die Messung einer Temperatur θ_s vorgenommen werden deren oberer Maximalwert bekannt ist (siehe Abschnitt 6.4).

6.4 - Grenztemperatur θ_s der SPRENGSATZSICHERUNG (Bild 13)

Unabhängig von den Bedingungen für Umgebungstemperatur und Anschlüsse darf die an einem bestimmten Punkt der SPRENGSATZSICHERUNG (siehe Bild 13) gemessene Temperatur θ_s nicht überschritten werden (siehe NT PYRO 250).

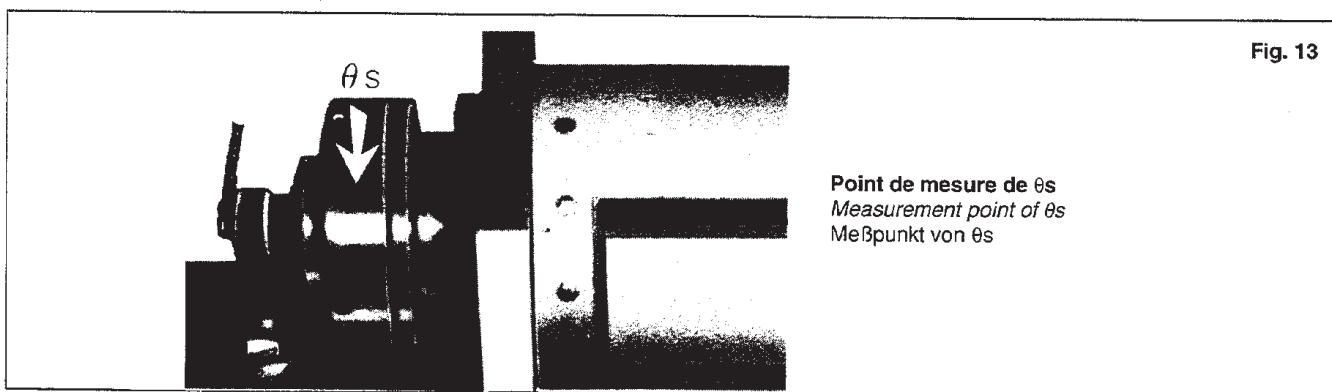


Fig. 13

6.5 - Vieillessement du PYROBREAKER

Les caractéristiques des matériaux pyrotechniques varient en fonction de la température et du temps. Nous garantissons le bon fonctionnement de nos PYROBREAKERS pendant 5 ans si la température θ_s est inférieure ou égale à la valeur publiée.

6.5 - Ageing of PYROBREAKER

The characteristics of explosives vary in function of temperature and time. We guarantee correct operation of our PYROBREAKERS for 5 years if temperature θ_s is less than or equal to the specified value.

6.5 - Altern der SPRENGSATZSICHERUNG

Die Kenndaten der pyrotechnischen Werkstoffe sind in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit veränderlich. Wir garantieren ein einwandfreies Funktionieren unserer SPRENGSATZSICHERUNGEN für die Zeit von 5 Jahren, wenn die Temperatur θ_s den angegebenen Wert nicht überschreitet.

6.6 - Condition mécanique de raccordement

Il faut prévoir au moins un raccordement souple sur un côté du PYROBREAKER afin d'éviter de faire supporter intégralement sur le PYROBREAKER les efforts résultant de la dilatation des barres qui lui sont raccordées.

6.7 - Vibrations

L'accélération maximum admissible est 4 g pour des fréquences comprises entre 10 Hz et 60 Hz.

6.8 - Chocs

Le PYROBREAKER peut supporter 1 000 chocs selon un axe longitudinal et 1 000 chocs selon un axe transversal dans les conditions suivantes :

- impulsions de 4 à 7 ms
- amplitude : 20 g
- 2 chocs par seconde.

6.9 - Conditions de stockage

Pour des variations de températures comprises entre -10°C et +50°C, la durée de stockage est de 10 ans.

6.6 - Mechanical connection conditions

A flexible coupling on at least one side of the PYROBREAKER is necessary ; in this way, the device is not brought under stress as a result of expansion of the bars connected to it.

6.7 - Vibration limits

Maximum possible acceleration = 4 g between 10 Hz and 60 Hz.

6.8 - Shock absorbing limits

PYROBREAKERS are designed to withstand 1000 shocks applied along their longitudinal axis and 1000 shocks along their transversal axis under the following conditions :

- impulse duration : 4 to 7 ms
- amplitude : 20 g
- 2 shocks per second.

6.9 - Storage conditions

For temperature variations between -10°C and +50°C, shelf life is 10 years.

6.6 - Mechanische Anschlußbedingungen

An mindestens einer Seite der SPRENGSATZSICHERUNG ist ein flexibler Anschluß vorzusehen, damit die SPRENGSATZSICHERUNG nicht vollständig den Belastungen ausgesetzt ist, die sich aus der Längenänderung der an sie angeschlossenen Stromschienen ergeben.

6.7 - Vibrationen

Die höchstzulässige Beschleunigung beträgt 4 g für Frequenzen von 10 Hz bis 60 Hz.

6.8 - Stoßeinwirkungen

Die SPRENGSATZSICHERUNG kann 1000 Stöße in Längsachse und 1000 Stöße in einer senkrechten Achse ertragen, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind :

- Impulse von 4 bis 7 ms
- Amplitude : 20 g
- 2 Stöße pro Sekunde.

6.9 - Lagerbedingungen

Für Temperaturänderungen zwischen -10°C und +50°C beträgt die zulässige Lagerdauer 10 Jahre.

7. Le problème doit être bien défini

L'élimination d'un défaut fait intervenir le fusible du PYROBREAKER à un moment précis. A partir de cet instant, la durée de préarc du fusible doit avoir une valeur minimum, et c'est pendant cette durée que le rondin de cuivre dans le sectionneur parcourt la distance d'isolement nécessaire. D'où l'importance des réponses aux questions que nous formulons dans notre questionnaire NT PYRO 4.

7.1 - Détermination du fusible

Lorsqu'un courant de défaut apparaît dans le circuit, il circule d'abord dans le sectionneur du PYROBREAKER, puis va circuler dans le fusible, juste après le cisaillement du rondin de cuivre dans le sectionneur.

Au moment où le circuit est coupé dans le sectionneur, le courant avait atteint la valeur suivante (voir fig. 9) :

$$I_R = 1,1 I_D + (T_F + T_R) \frac{di}{dt}$$

Le fusible doit avoir une durée de préarc T_p minimum et doit être calculé pour laisser passer l'onde décrite dans la figure 14.

7. The problem should be well defined

The fuse of the PYROBREAKER operates at a precise instant when eliminating a fault. From this moment on, the fuse prearcing time must have a minimum value, as it is during this time that the small copper rod motion ensures the necessary isolating distance. This is why a great deal of importance is attached to the answers given to our questionnaire NT PYRO 4.

7.1 - Determining which fuse

When a fault current appears in the circuit, it initially flows through the bypass switch and then, after shearing, through the fuse.

Immediately after the shearing the current in the circuit has reached the following value (see fig. 9) :

$$I_R = 1,1 I_D + (T_F + T_R) \frac{di}{dt}$$

The fuse must have a minimum prearcing time T_p and must be calculated to allow the waveform shown in figure 14 to pass.

7. Das Problem soll genau definiert werden

Die Abschalten eines Fehlers erfordert das Wirksamwerden der Sicherung des PYRISTOR-systemes zu einem bestimmten Zeitpunkt. Von diesem Zeitpunkt an muß die Schmelzzeit der Sicherung einen minimalen Wert aufweisen, damit der beschleunigte Rundling die notwendige Entfernung zur Bildung einer ausreichenden Isolierstrecke zurückgelegt hat. Daher die Bedeutung der Antworten auf die Fragen, die wir in unserem Fragebogen NT PYRO 4 zusammengestellt haben.

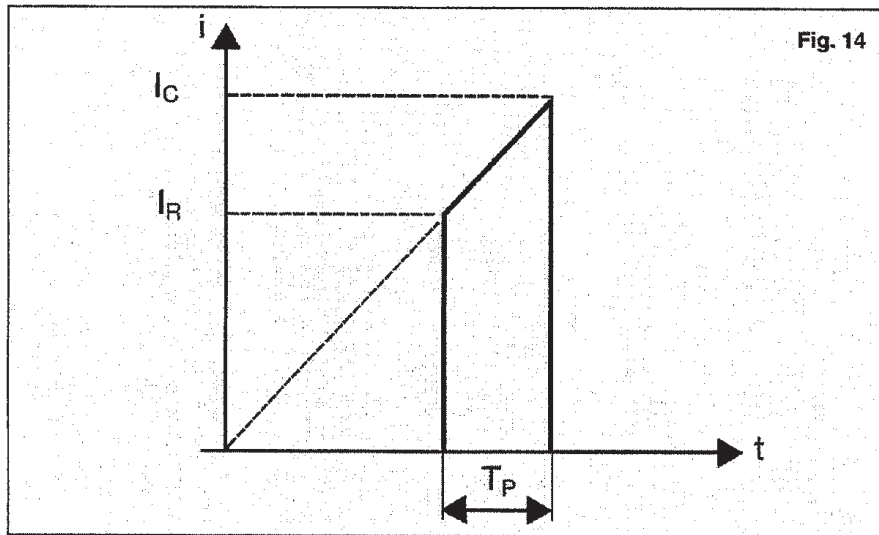
7.1 - Bestimmung der Schmelzsicherung

Wenn ein Fehlerstrom im Kreis auftritt, durchläuft er zuerst allein den Trenner der SPRENGSATZSICHERUNG, bis er plötzlich auf die Schmelzsicherung kommutiert.

Im Augenblick in dem der Trenner öffnet, hat der Strom im Kreis folgenden Wert erreicht (siehe Bild 9) :

$$I_R = 1,1 I_D + (T_F + T_R) \frac{di}{dt}$$

Die Schmelzsicherung muß eine minimale Schmelzzeit aufweisen und ist so zu berechnen, daß sich der in Bild 14 dargestellte Stromverlauf ergibt.



avec $I_R = 1,1 I_D + (T_F + T_R) \frac{di}{dt}$
 $I_C - I_R = T_P \cdot \frac{di}{dt}$

where $I_R = 1.1 I_D + (T_F + T_R) \frac{di}{dt}$
 $I_C - I_R = T_P \cdot \frac{di}{dt}$

mit $I_R = 1,1 I_D + (T_F + T_R) \frac{di}{dt}$
 $I_C - I_R = T_P \cdot \frac{di}{dt}$

Ceci revient à dire que le I^2t de pré-arc (adiabatique puisque T_P aura une durée de l'ordre de quelques centaines de microsecondes) doit avoir une valeur minimum K .

This means that the prearc I^2t (adiabatic since the period of T_P will be in the order of a few hundred microseconds) must have a minimum value K .

Dies läuft darauf hinaus, daß das Schmelzintegral I^2t (adiabatisch, da T_P nur einige hundert μs andauert) einen Mindestwert K aufweisen muß.

$$K = T_P \times \frac{I_C^2 + I_R^2 + I_R I_C}{3}$$

$$K = T_P \times \frac{I_C^2 + I_R^2 + I_R I_C}{3}$$

$$K = T_P \times \frac{I_C^2 + I_R^2 + I_R I_C}{3}$$

Donc, on aura : $T_P = \frac{3 K}{I_C^2 + I_R^2 + I_R I_C}$

This gives us : $T_P = \frac{3 K}{I_C^2 + I_R^2 + I_R I_C}$

Also : $T_P = \frac{3 K}{I_C^2 + I_R^2 + I_R I_C}$

7.2 - Remarque fondamentale

Lorsque le fusible a été choisi à partir des données I_D , $\frac{di}{dt}$ et U , on peut constater :

a) Si au cours de l'exploitation, le défaut à couper est conforme aux prévisions, le temps de préarc du fusible sera bien T_P .

b) Si le courant I_D est plus faible ou si le di/dt maximum du défaut est un peu plus faible que celui prévu, on aura une augmentation du temps T_P .

Or, si T_P augmente par rapport à celui initialement calculé, cela signifie que la distance d'isolement dans le sectionneur aura augmenté par rapport à celle prévue, il n'y aura donc aucun danger.

c) Dans le cas contraire, si I_D ou di/dt sont plus élevés que prévu, il y aura diminution de la durée T_P et par conséquent mauvais fonctionnement du PYROBREAKER.

IL EST DONC IMPORTANT DE BIEN RÉPONDRE AUX QUESTIONS RELATIVES AU COURANT DE DÉCLENCHEMENT I_D ET AU COURANT PRÉ-SUMÉ I_P .

7.2 - Important notes

When the fuse has been determined from I_D , $\frac{di}{dt}$ and U , we see that :

a) If during operation, the fault to be interrupted is as expected, the fuse prearcing time will be T_P .

b) If the current I_D is lower, or if maximum di/dt is a little lower than expected, time T_P will therefore increase.

If T_P increases with respect to the expected value, this means that the isolating distance in the isolating switch has increased with respect to that expected and that therefore no danger exists.

c) Conversely if I_D or di/dt are higher than expected, time T_P will therefore decrease and the PYROBREAKER will operate incorrectly.

IT IS THEREFORE IMPORTANT THAT CORRECT ANSWERS ARE GIVEN TO QUESTIONS CONCERNING THE TRIGGERING CURRENT I_D AND THE PROSPECTIVE CURRENT I_P .

7.2 - Wichtiger Hinweis

Wenn die Schmelzsicherung mit Hilfe der Daten I_D , $\frac{di}{dt}$ und U ermittelt wurde, gilt :

a) Wenn der sich aufbauende Kurzschlußstrom den Erwartungen folgt, entspricht die Schmelzzeit der Zeit T_P .

b) Wenn der Strom I_D schwächer ist, oder wenn das di/dt des Fehlerstromes kleiner ist als vorgesehen, verlängert sich die Zeit T_P .

Wenn aber T_P größer ist als vorgesehen, so bedeutet dies, daß die Isolierstrecke im Trenner größer geworden ist als vorgesehen, es besteht also keine Gefahr.

c) Andernfalls, wenn I_D oder di/dt höher sind als vorgesehen, verringert sich die Zeit T_P und die SPRENGSATZSICHERUNG kann nicht einwandfrei funktionieren.

DESHALB IST ES WICHTIG, IM FRAGEBOGEN DIE FRAGEN ZU DEM AUSLÖSESTROM I_D UND DEM FEHLERSTROM I_P GENAU ZU BEANTWORTEN.

8. Quelques exemples d'application

8.1 - Protection des convertisseurs

- Protection d'un redresseur simple (fig. 15)

8. Some application examples

8.1 - Protection of converters

- Protection of a basic rectifier (fig. 15)

8. Einige Anwendungsbeispiele

8.1 - Schutz von Stromrichtern

- Schutz eines einfachen Gleichrichters (Abb. 15).

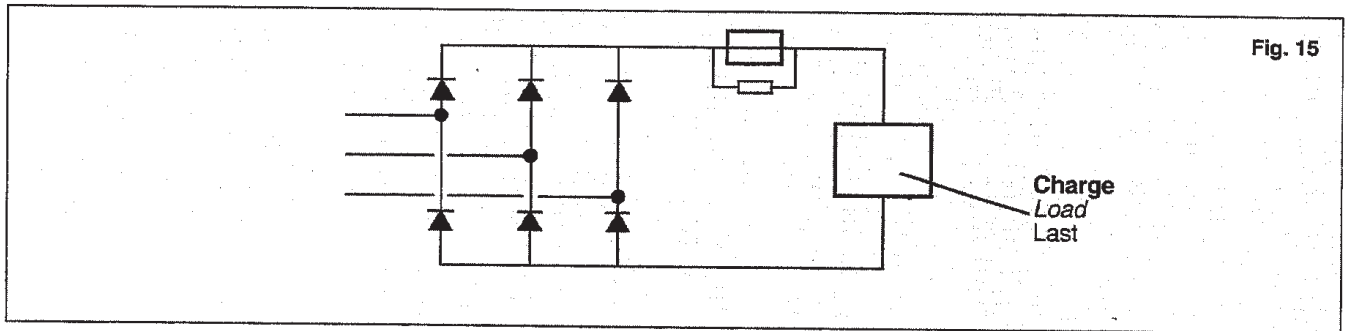


Fig. 15

Dans ce cas, le PYROBREAKER peut être utilisé en remplacement d'un disjoncteur ultra-rapide courant continu dont le rôle est seulement de couper un défaut exceptionnel.

In this case, the PYROBREAKER can be used instead of a fast-acting DC circuit-breaker whose only purpose is to cut the supply in the event of an exceptional fault.

In diesem Fall kann die SPRENGSATZSICHERUNG anstelle eines Gleichstromschnellschalters eingesetzt werden, dessen Aufgabe nur darin besteht, bei besonderen Störungen den Stromkreis zu unterbrechen.

Nota : Dans certains cas, on assure la protection totale du redresseur en installant les PYROBREAKERS dans les phases.

Note : In certain cases, the whole bridge can be protected by fitting a PYROBREAKER in each phase.

Hinweis : In gewissen Fällen wird ein vollständiger Schutz des Gleichrichters durch Einbau der SPRENGSATZSICHERUNGEN in den Phasen erzielt.

- Protection des redresseurs d'appoint côté continu seulement

- Protection of auxiliary rectifiers in DC side only

- Schutz von Zusatzgleichrichtern nur auf der Gleichspannungsseite.

- Protection de plusieurs redresseurs en parallèle

- Protection of several rectifiers in parallel

- Schutz von mehreren parallelen Gleichrichtern.

- Protection d'un variateur simple (fig. 16)

- Protection of a basic thyristor speed controller (fig. 16)

- Schutz eines einfachen Stromrichtergerätes (Bild 16)

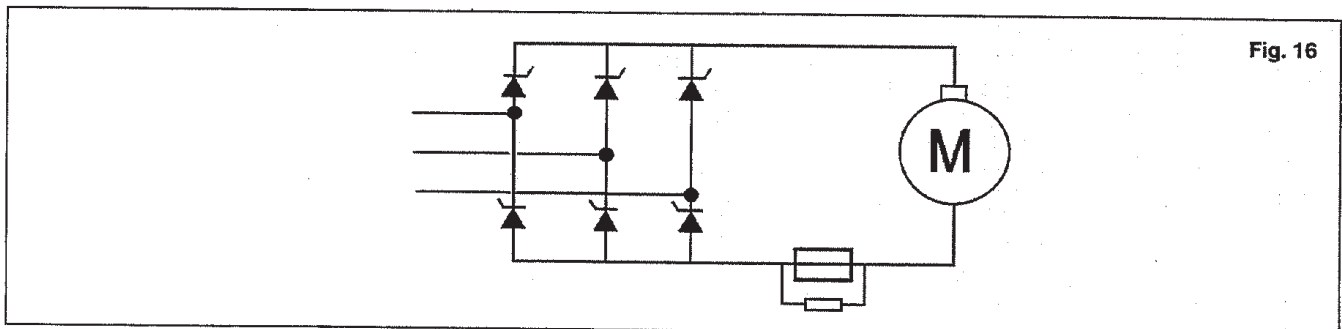


Fig. 16

- Protection des variateurs réversibles (fig. 17)

- Protection of reversible thyristor speed controllers (fig. 17)

- Schutz von Umkehrstromrichtern (Bild 17)

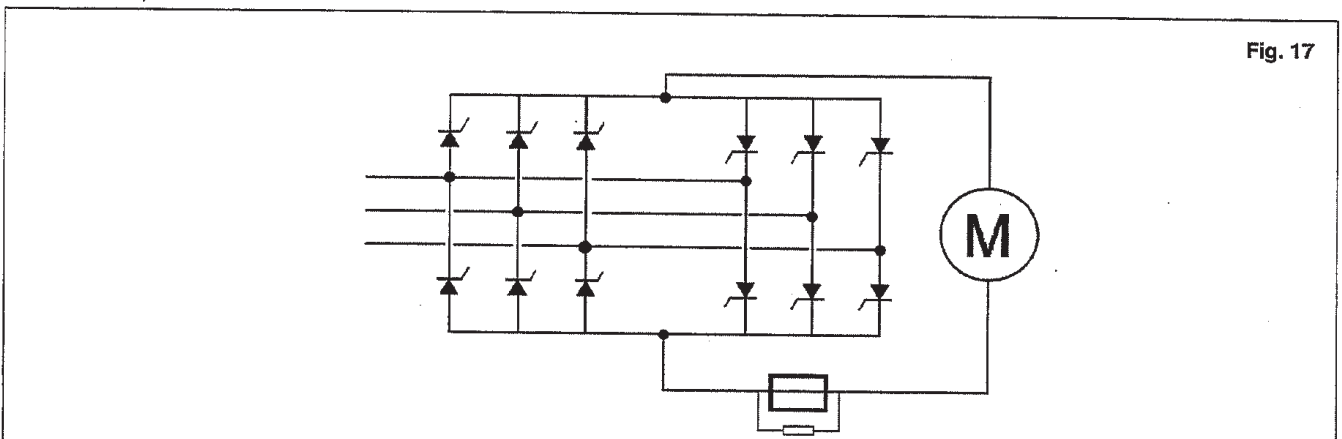


Fig. 17

L'utilisation d'un PYROBREAKER dans la boucle continue permettra d'éliminer tous les défauts dans lesquels la tension alternative s'ajoute à la tension continue, ainsi que les défauts où seule la tension continue intervient, tout en assurant la protection des convertisseurs.

Ceci permet une réduction importante de la tension des fusibles car ils n'auront à couper que les défauts faisant intervenir uniquement la tension alternative.

Nota : dans certains cas, une suppression totale des fusibles peut être envisagée en plaçant des PYROBREAKERS dans les phases d'alimentation alternative et un PYROBREAKER côté continu.

The use of PYROBREAKERS in the DC loop provides a means of eliminating all faults in which the AC voltage adds to the DC voltage, and faults in which only the DC voltage intervenes and at the same time fully protecting the converters.

This enables the voltage of fuses to be greatly reduced since they will only have to interrupt AC short circuit.

Note : in certain cases, all fuses can be removed by fitting PYROBREAKERS in earth AC phase and a PYROBREAKER on the AC side.

Die Verwendung einer SPRENGSATZSICHERUNG im Gleichstromkreis gestattet das Abschalten sämtlicher Fehler, in denen die Wechselspannung zur Gleichspannung addiert wird, und die Fehler, in denen nur die Gleichspannung auftritt.

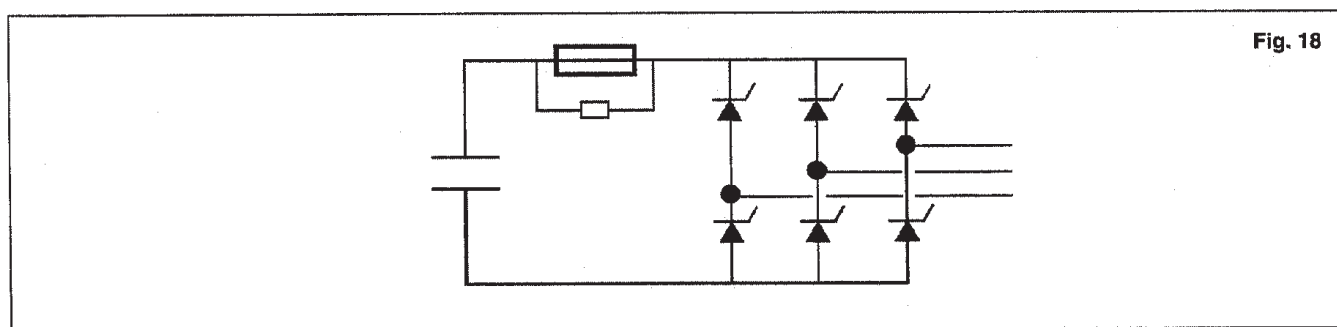
Dies ermöglicht die Verwendung von Sicherungen kleinerer Spannung, da sie den Stromkreis nur bei Fehlern zu trennen brauchen, in denen Wechselspannung auftritt.

Hinweis : In gewissen Fällen kann auch auf Sicherungen ganz verzichtet werden, wenn PYRISTOR-Systeme in den Phasen der Wechselspannung und in dem Gleichspannungsabgang eingesetzt werden.

• Protection des onduleurs (pour de gros équipements) (fig. 18)

• Protection of inverter circuits (for large equipments) (fig. 18)

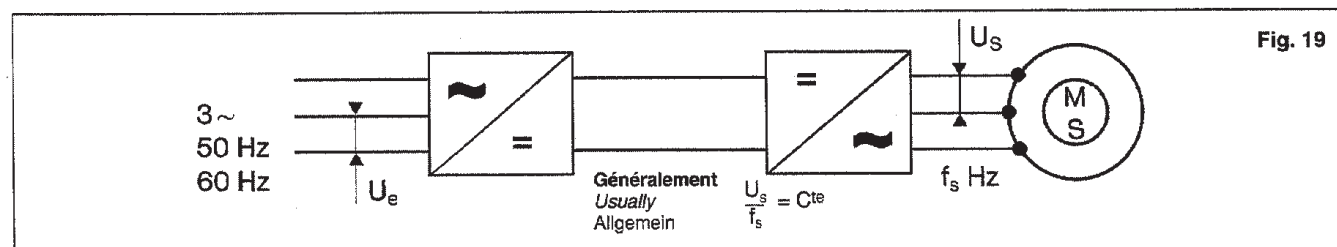
• Schutz von Wechselrichtern (für leistungsstarke Anlagen) (Bild 18)



• Protection des variateurs de fréquence (fig. 19)

• Protection of frequency converters (fig. 19)

• Schutz von Frequenzumrichtern (Bild 19)



Ces équipements sont de plus en plus utilisés et permettent de faire varier la tension avec la fréquence.

Use of this equipment is becoming more widespread and provides a means of varying voltage with frequency.

Diese Schaltungen werden immer häufiger eingesetzt und gestatten, die Spannung mit der Frequenz zu variieren.

Les puissances atteintes et les défauts à couper font du PYROBREAKER un organe de protection idéal.

The power levels involved and the type of faults to be protected against make PYROBREAKERS an ideal solution for this application.

Die erreichten Leistungen und die zu unterbrechenden Fehlerströme machen die SPRENGSATZSICHERUNG zu einem vorzüglichen Schutzorgan.

Ce type d'équipement se rencontre de plus en plus en moyenne tension ; par exemple dans les centrales d'énergie utilisant des unités de pompage aux heures creuses.

This type of equipment is increasingly used in high voltage applications : for example, generating stations that run pumping units during off-peak hours.

Diese Antriebsart wird immer häufiger bei höheren Spannungen eingesetzt, z.B. in Kraftwerken, die zu Zeiten niederen Stromverbrauches Pumpaggregate einsetzen (Pumpspeicherkraftwerke).

Dans ce cas, les PYROBREAKERS peuvent être montés côté 60 Hz et côté machine (il n'y a pas de fusible dans les ponts). Ou dans la boucle continue (mais avec des fusibles dans les bras des convertisseurs). Dans ce dernier cas, le PYROBREAKER ne coupe que les défauts difficiles.

In this case, PYROBREAKERS can be fitted on the 50/60 Hz side and on the motor side (no fuse in bridges) or in the DC loop (but with fuses in the converter legs). In this last case, the PYROBREAKER only eliminates difficult faults.

In diesem Fall können die SPRENGSATZSICHERUNGEN in der 60/50 Hz - Seite und in der Maschinenseite montiert werden (in den Brücken befindet sich keine Sicherung), oder im Gleichstromzwischenkreis (aber mit Sicherungen in den Zweigen der Stromrichter). In diesem letzteren Fall trennt die SPRENGSATZSICHERUNG nur im Fall der schwierigen Störungen.

• Protection des cycloconvertisseurs

Un cycloconvertisseur permet d'alimenter en basse fréquence une machine fonctionnant à une faible vitesse de rotation. C'est le cas des concasseurs, broyeurs, etc. utilisés par exemple dans les cimenteries. Chaque phase de la machine est alimentée selon le principe décrit en figure 20. Selon les cas, l'installation des PYROBREAKERS côté basse fréquence et côté 50 Hz permet la protection totale de l'équipement en évitant le montage de fusibles très volumineux et parfois même insuffisamment adaptés à la protection des semi-conducteurs.

• Protection of cycle converters

Cycle converters are used to provide low r.p.m. motors with a low frequency supply. Such motors are used in grinders, crushers, etc. used, for example, in the cement industry. Each phase of the machine is supplied according to the principle shown in figure 20. Depending on the case, the installation of PYROBREAKERS both on the low frequency side and on the 50/60 Hz side provide the equipment with total protection thus eliminating the need for bulky fuses which often do not provide semiconductors with adequate protection.

• Schutz der Direktumrichter

Ein Direktumrichter ermöglicht es, eine Maschine, die mit niedriger Drehzahl betrieben wird, mit einer niedrigen Frequenz zu speisen. Dies trifft zu für Brecher, Mahlwerke, usw. wie sie z.B. in Zementfabriken eingesetzt werden. Jede Phase der Maschine wird nach dem in Bild 20 beschriebenen Prinzip versorgt. Je nach Fall gestattet der Einbau von SPRENGSATZSICHERUNGEN an der Niederfrequenz-Seite und an der 50 Hz-Seite den kompletten Schutz der Ausrüstung. Dabei entfallen sehr groß zu bemessende Schmelzsicherungen.

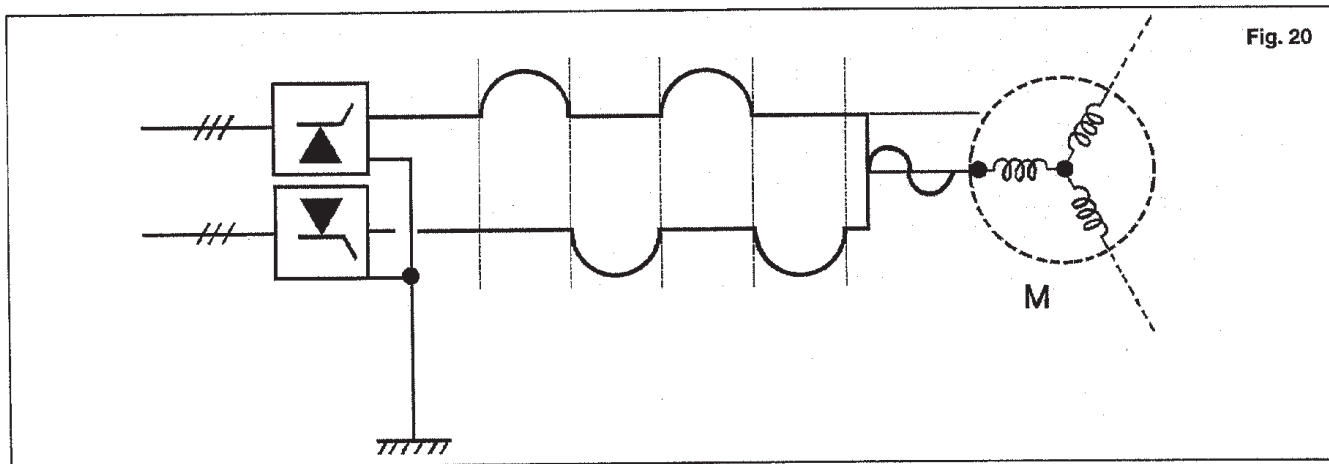


Fig. 20

8.2 - Limitation de la puissance de court-circuit de 2 sources couplées en parallèle

8.2 - Limitation of the short-circuit power of 2 sources coupled in parallel

8.2 - Begrenzung der Kurzschlußleistung von 2 parallel geschalteten Energieeinspeisungen

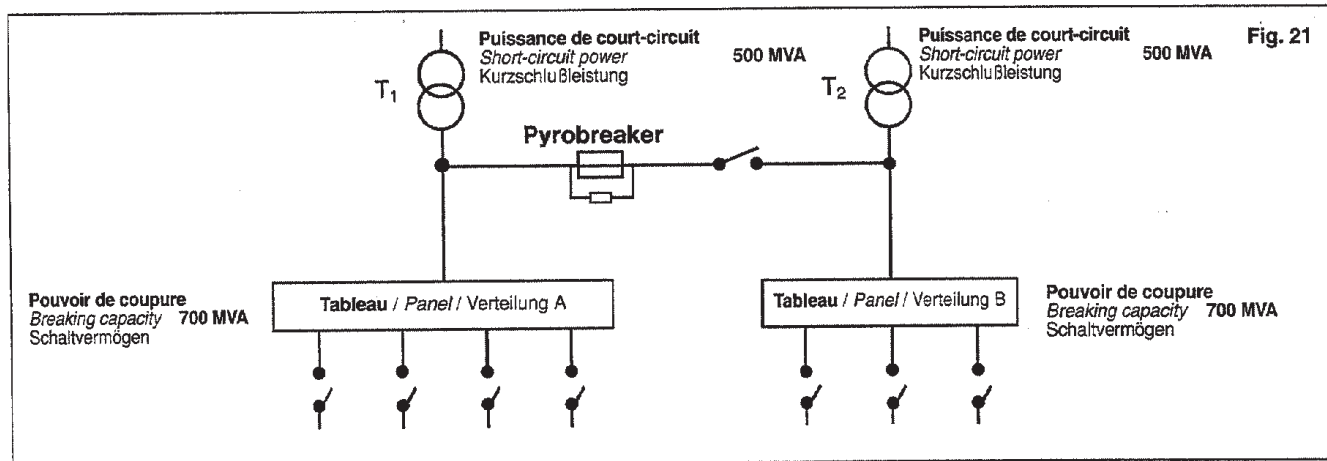


Fig. 21

Dès que les sources T1 et T2 sont couplées, la puissance de court-circuit disponible est alors de 1 000 MVA. Si, par exemple, un court-circuit en aval du tableau A se produit, la protection du tableau A sera assurée si le PYROBREAKER limite la contribution de la source T2 à 200 MVA.

When sources T1 and T2 are coupled, the short-circuit power available is 1 000 MVA. If, for example, a short-circuit develops downside of panel A, panel A will be protected if the PYROBREAKER limits the contribution of source T2 to 200 MVA.

Sobald die Einspeisungen T1 und T2 gekoppelt sind, beträgt die verfügbare Kurzschlußleistung 1000 MVA. Wenn z.B. ein Kurzschluß im Abgang der Verteilung A auftritt, ist der Schutz der Verteilung A gewährleistet, wenn die SPRENGSATZSICHERUNG den Anteil der Einspeisung T2 auf 200 MVA begrenzt.

Dans ce genre d'application, l'utilisation du PYROBREAKER est idéale, car les cas de défaut seront rares d'une part, et les pertes en watts faibles d'autre part.

In this type of application, PYROBREAKERS represent an ideal solution since faults are seldom and also watt losses of the PYROBREAKER are very low.

In dieser Anwendungsart ist die Benutzung der SPRENGSATZSICHERUNG ideal, denn einerseits sind die Fehlerströme selten, und andererseits ist die Verlustleistung in der SPRENGSATZSICHERUNG sehr gering.

8.3 - Remplacement des selfs de limitation destinés à la limitation de la puissance de court-circuit (fig. 22)

Nous pouvons distinguer 2 cas : celui des installations anciennes et celui des installations nouvelles.

8.3 - Replacing current limiting reactors designed to limit short-circuit power (fig. 22)

Two cases exist : current limiting reactors in old installations and current limiting reactors in new installations.

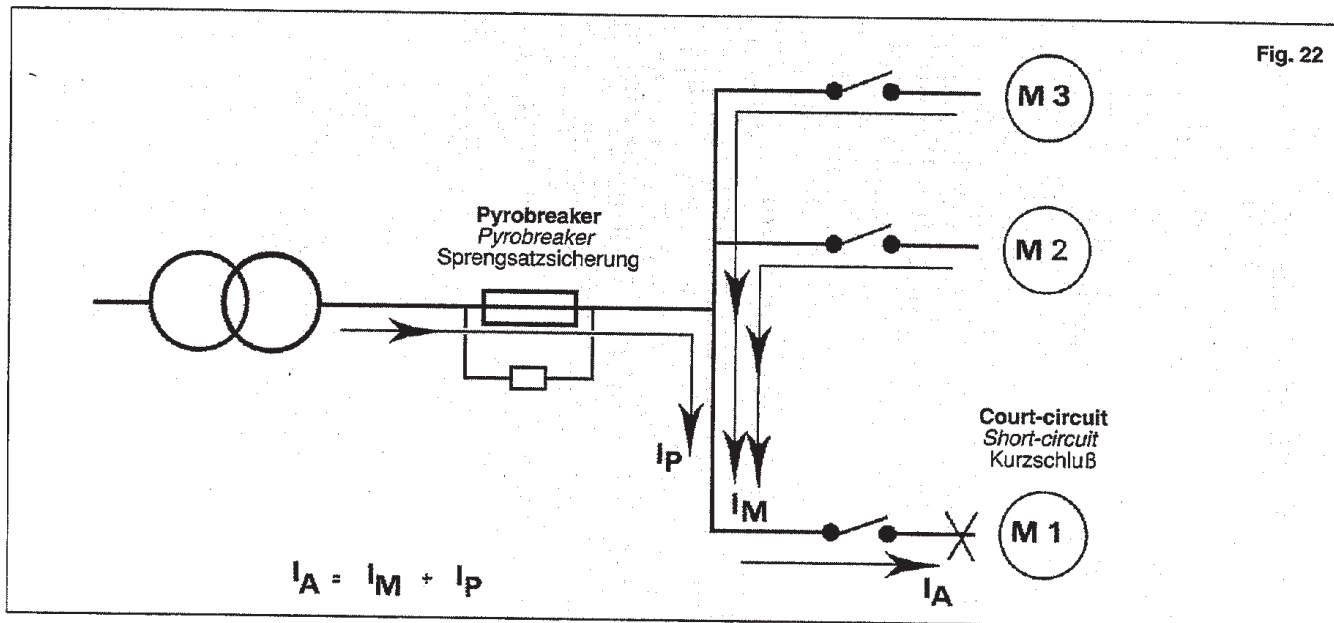
8.3 - Schutz von Verteilungen und Vermeidung der Begrenzungsdröseln (Bild 22)

Wir unterscheiden zwischen in Betrieb befindlichen und neuen Anlagen.

8.3.1 - Installations anciennes

8.3.1 - Old installations

8.3.1 - In Betrieb befindliche Anlagen



Dans les installations anciennes, le pouvoir de coupure des disjoncteurs peut être devenu insuffisant à la suite d'extension des lignes de production. Pour remédier à cet inconvénient, le PYROBREAKER peut fournir le pouvoir de coupure nécessaire.

Ceci évite le remplacement de plusieurs disjoncteurs dont le coût serait trop important. Le PYROBREAKER évite l'installation de selfs de limitation coûteuses dont les pertes en watts sont considérables.

In old installations, the breaking capacity of circuit breakers may not be sufficient as new lines are added. The PYROBREAKER represents a solution to this problem by ensuring the necessary breaking capacity.

This avoids costly replacement of several circuit-breakers. By fitting PYROBREAKERS, it also avoids installation of costly current limiting reactors and the large watt losses associated with their use.

Es kann vorkommen, daß das Schaltvermögen der Leistungsschalter wegen der Erweiterung der Produktionsanlagen nicht mehr ausreicht. Um hier Abhilfe zu schaffen, kann die SPRENGSATZSICHERUNG das notwendige Schaltvermögen sicherstellen.

Damit wird vermieden, daß mehrere Leistungsschalter auszuwechseln sind, was mit hohem Aufwand verbunden wäre. Die SPRENGSATZSICHERUNG ermöglicht also den Verzicht auf kostspielige Begrenzungsdröseln mit hohen Verlustleistungen.

8.3.2 - Installations nouvelles

8.3.2 - New installations

8.3.2 - Neue Anlagen

Même schéma.

Same diagram.

Dans ce cas, l'intérêt du PYROBREAKER est de permettre l'achat, peu onéreux, de disjoncteurs à faible pouvoir de coupure.

In this case, the use of a PYROBREAKER eliminates the need of expensive high breaking capacity circuit-breakers, enabling low breaking capacity circuit-breakers to be used.

In diesem Fall bietet die SPRENGSATZSICHERUNG den Vorteil Leistungsschalter mit geringen Schaltvermögen, also zu niedrigeren Preisen anschaffen zu können.

Là encore, on évite l'utilisation coûteuse de selfs de limitation dont les pertes en watts sont considérables.

Here again, the need to install costly, high loss current limiting reactors is avoided.

Auch hier wird die Verwendung kostspieliger Begrenzungsdröseln vermieden, deren Verlustleistungen beträchtlich sind.

8.4 - Protection des distributions avec PYROBREAKERS en parallèle sur des selfs de limitation (fig. 23)

8.4 - Protection of power distribution systems with PYROBREAKERS mounted in parallel across current limiting reactors (fig. 23)

8.4 - Schutz von Verteilungen mit zu den Begrenzungsdröseln parallelen SPRENGSATZSICHERUNGEN (Bild 23)

Comme précédemment, l'utilisation d'un tel système peut se concevoir pour la protection d'une installation ancienne ou d'une installation nouvelle.

As in previous example, such a system can be used to protect both old and new installations.

Wie oben läßt sich ein solches System für den Schutz einer in Betrieb befindlichen oder einer neuen Installation verwenden.

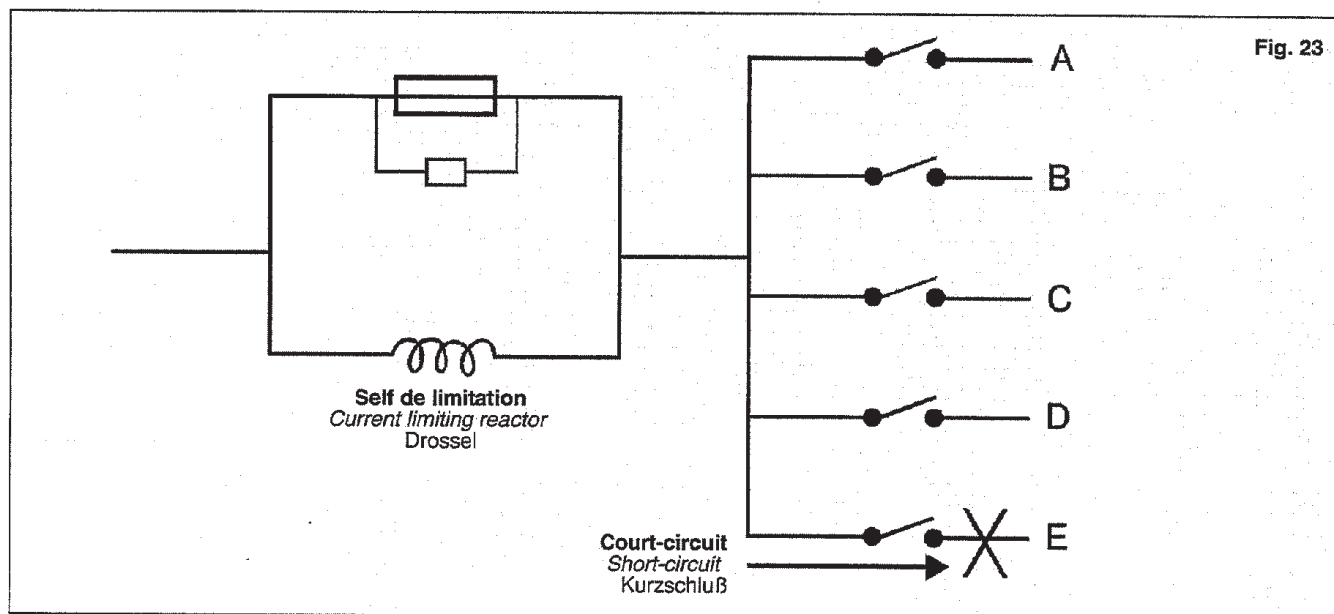


Fig. 23

En cas de court-circuit sur la ligne E, le PYROBREAKER fournira le pouvoir de coupure que le disjoncteur ne peut pas assurer.

If a short-circuit develops on line E, the PYROBREAKER ensures the breaking capacity that the circuit breaker does not have.

Im Fall eines Kurzschlusses im Abgang E wird die SPRENGSATZSICHERUNG das Schaltvermögen liefern, das der Leistungsschalter nicht gewährleisten kann.

Après l'ouverture du PYROBREAKER, le courant reste limité à une valeur convenable pour la self de limitation, permettant au disjoncteur sur la ligne E d'ouvrir le circuit dans les limites de son pouvoir de coupure.

After the PYROBREAKER opens, the current is maintained to a safe value by the current limiting reactor thus allowing the breaker on line E to open within the limits of its breaking capacity.

Nach Öffnen der SPRENGSATZSICHERUNG bleibt der Kurzschlußstrom durch die Begrenzungsdrossel auf einem für den Leistungsschalter in dem Abgang E annehmbaren Wert.

L'avantage, dans ce cas, est de permettre la continuité de l'exploitation sur les lignes A, B, C et D.

The advantage in this example is that lines A, B, C and D remain operational.

Der Vorteil in diesem Fall besteht darin, daß der Betrieb an den Leitungen A, B, C und D nicht unterbrochen wird.

L'utilisation du PYROBREAKER permet les économies suivantes :

The following savings can be made using PYROBREAKERS :

Die Verwendung der SPRENGSATZSICHERUNG bringt folgende Einsparungen :

- faibles pertes en watts, puisqu'en régime normal, le courant passera dans le pyrobreaker (dont la résistance est de quelques microohms),

- low power losses, since in normal working, the current passes through the PYROBREAKER (internal resistance only a few microohms),

- Geringe Verlustleistung, da im normalen Betrieb der Strom durch die SPRENGSATZSICHERUNG fließt (deren Widerstand nur wenige $\mu\Omega$ beträgt).

- utilisations de disjoncteurs économiques, ayant un faible pouvoir de coupure, s'il s'agit d'une installation nouvelle. Dans le cas de vieilles installations, on évite le remplacement d'un grand nombre de disjoncteurs dont le pouvoir de coupure est devenu insuffisant.

- use of low cost, low rating circuit breakers in new installations. In old installations, costly replacement of under-rated circuit-breakers is avoided.

- Verwendung wirtschaftlicher Leistungsschalter mit geringerem Schaltvermögen, wenn es sich um eine neue Installation handelt. Bei existierenden Installationen kann auf das Auswechseln einer großen Anzahl von Leistungsschaltern verzichtet werden, deren Schaltvermögen nicht mehr ausreicht.

9. Produits et assistances offerts par FERRAZ

La fourniture peut comprendre :

9.1 - Les PYROBREAKERS seuls avec les transformateurs d'impulsion (TR 04 ou TR 24). Voir notice NT PYRO 250 et ADD NT PYRO 250 (spécification de mise à feu des PYROBREAKERS). Ceci afin que chaque constructeur d'électronique de puissance puisse utiliser ses capteurs et son électronique de commande.

9.2 - Le système PYRISTOR complet (voir fig. 24 et 25). Ce système peut être fourni de 3 manières différentes :

9.2.1 - en kit - tous les composants du système selon notices NT PYRO 250, NT PYRO 420 et NT PYRO 500 sont livrés séparément, dans la mesure où le problème à résoudre ne comporte pas de difficultés particulières.

9.2.2 - sur châssis - les composants de puissance : PYROBREAKERS, TRANSFORMATEURS D'IMPULSION et DÉTECTEURS DE COURANT et/ou de di/dt (NT PYRO 500) sont assemblés et câblés (longueur dépassante de câble : 3 mètres) sur châssis monophasé ou triphasé dont la tension d'isolement est 11 kV ou 24 kV selon le besoin (voir fig. 26). Le DÉCLENCHEUR (NT PYRO 420) est livré séparément et sera à câbler (voir fig. 27).

9.2.3 - dans une armoire adaptée à l'installation. Tous les composants du système PYRISTOR sont assemblés et câblés (voir fig. 28).

9.3 - Complément à la livraison d'un système PYRISTOR complet :

9.3.1 - Documents (toujours fournis)

• une notice d'installation, mise en route, maintenance, fonctionnement et stockage du système PYRISTOR (NT PYRO 810).

• un dossier technique comportant :

- les spécifications techniques et plans des composants (pyrobreaker, capteur de courant et/ou di/dt, transformateur d'impulsion, déclencheur).
- les spécifications de câblage du système PYRISTOR.
- la liste du matériel livré, les calculs de protection.
- la notice d'installation, mise en route, fonctionnement et stockage du système PYRISTOR.

9. Products and assistance supplied by FERRAZ

The supply can include :

9.1 - The PYROBREAKERS only with pulse transformers (TR 04 or TR 24). See our technical brochure NT PYRO 250 and ADD NT PYRO 250 (Specification of motor firing control of PYROBREAKERS). This kind of supply enables each manufacturer of power electronics to use its own current sensors and control electronics.

9.2 - The complete PYRISTOR system (see fig. 24 and 25). This system can be supplied in three different ways :

9.2.1 - in kit set : all the components of the unit according to our technical leaflets NT PYRO 250, NT PYRO 420 and NT PYRO 500, are supplied separately, if the problem to be solved does not include any special difficulties.

9.2.2 - on a frame : the power components (PYROBREAKERS, PULSE TRANSFORMERS and CURRENT and/or di/dt SENSORS - NT PYRO 500) are assembled and cabled (exceeding length of cable : 3 meters) on a single-phase or three-phase frame with an insulation voltage of 11 kV or 24 kV according to the need (see fig. 26). The CONTROLLER (NT PYRO 420) supplied separately will have to be cabled (see fig. 27).

9.2.3 - in a cubicle adapted to the installation. All the components of PYRISTOR system are assembled and cabled (see fig. 28).

9.3 - Additional documents when supplying a complete PYRISTOR system.

9.3.1 - Documents (always supplied)

• a manual on installation, starting, maintenance, operation and storage conditions of PYRISTOR system (NT PYRO 810).

• a technical folder including :

- the technical specifications and drawings of components (pyrobreaker, current and/or di/dt sensor, pulse transformer, controller)
- the specifications on PYRISTOR system wiring
- the list of equipment supplied, protection calculations
- the manual on installation, starting, operation and storage of PYRISTOR system

9. Produktzusammenstellung und Lieferumfang

Die Lieferung kann umfassen :

9.1 - Nur die SPRENGSATZSICHERUNGEN mit den Impulstransformatoren (TR 04 oder TR 24) gemäß NT PYRO 250 und ADD PYRO 250 (Angaben zur Zündung der SPRENGSATZSICHERUNG). Dies setzt die Verwendung eigener Erfassungsgeräte und Zündeinheiten voraus.

9.2 - Ein komplettes PYRISTOR-System (siehe Bilder 24 und 25), wobei eine von drei Varianten in Frage kommen kann :

9.2.1 - als Bausatz (alle Systemteile nach NT PYRO 250, 420 und 500, werden einzeln bereitgestellt, wenn es keine besonderen Lösungsschwierigkeiten gibt).

9.2.2 - auf Grundgestell. Die Leistungsteile (SPRENGSATZSICHERUNGEN, IMPULSTRANSFORMATOREN sowie STROM- und/oder di/dt-ERFASSUNG (NT PYRO 500) werden auf einem ein- oder dreiphasigen Grundgestell mit einer Isolationsspannung von 11 kV oder 24 kV gemäß den Anforderungen zusammengesetzt und verdrahtet (siehe Bild 26). Das ZÜNDGERÄT (NT PYRO 420) wird separat geliefert und muß angeschlossen werden (siehe Bild 27).

9.2.3 - in einem angepaßten Schrank. Alle Bauteile des Systemes sind montiert und angeschlossen (siehe Bild 28).

9.3 - Weitere Lieferanteile des kompletten PYRISTOR-Systemes :

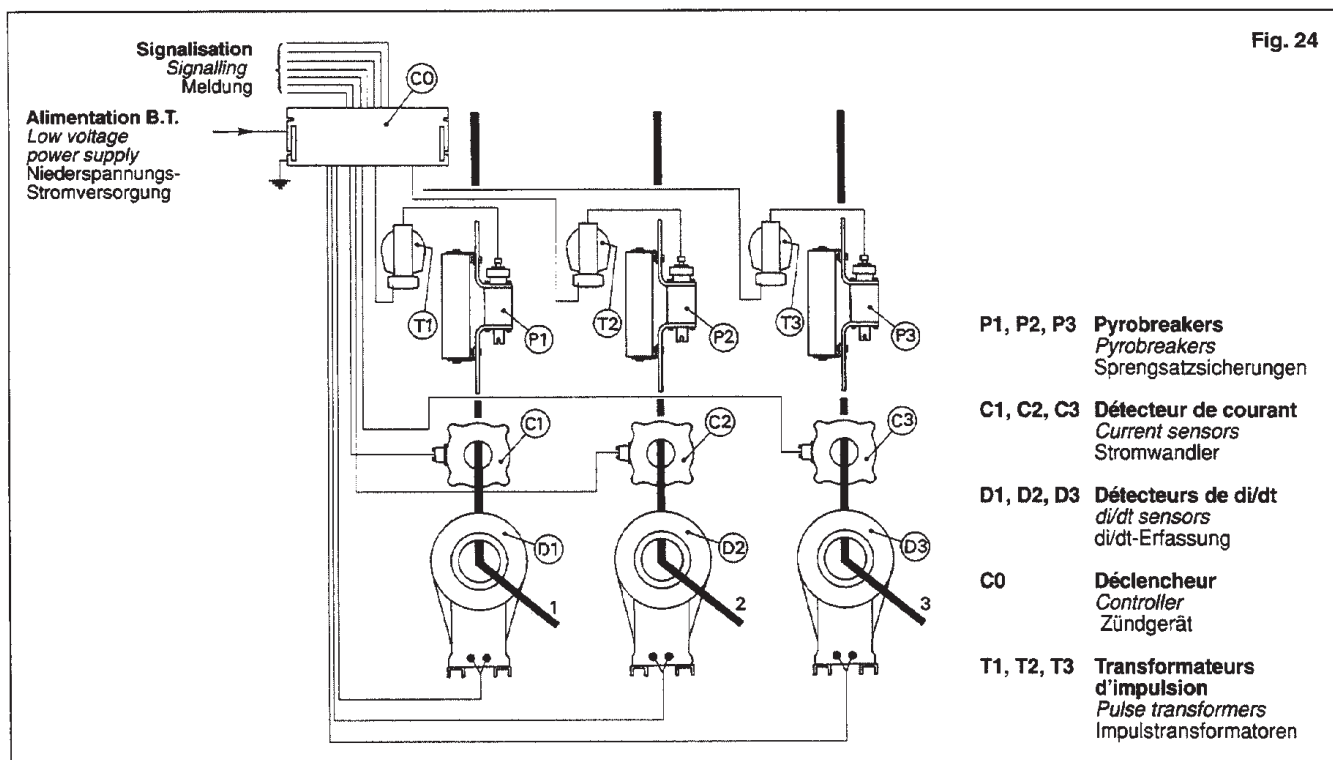
9.3.1 - Dokumente

• Anleitung mit Montage-, Inbetriebnahme-, Wartungs-, Betriebs- und Lagerhinweisen (NT PYRO 810).

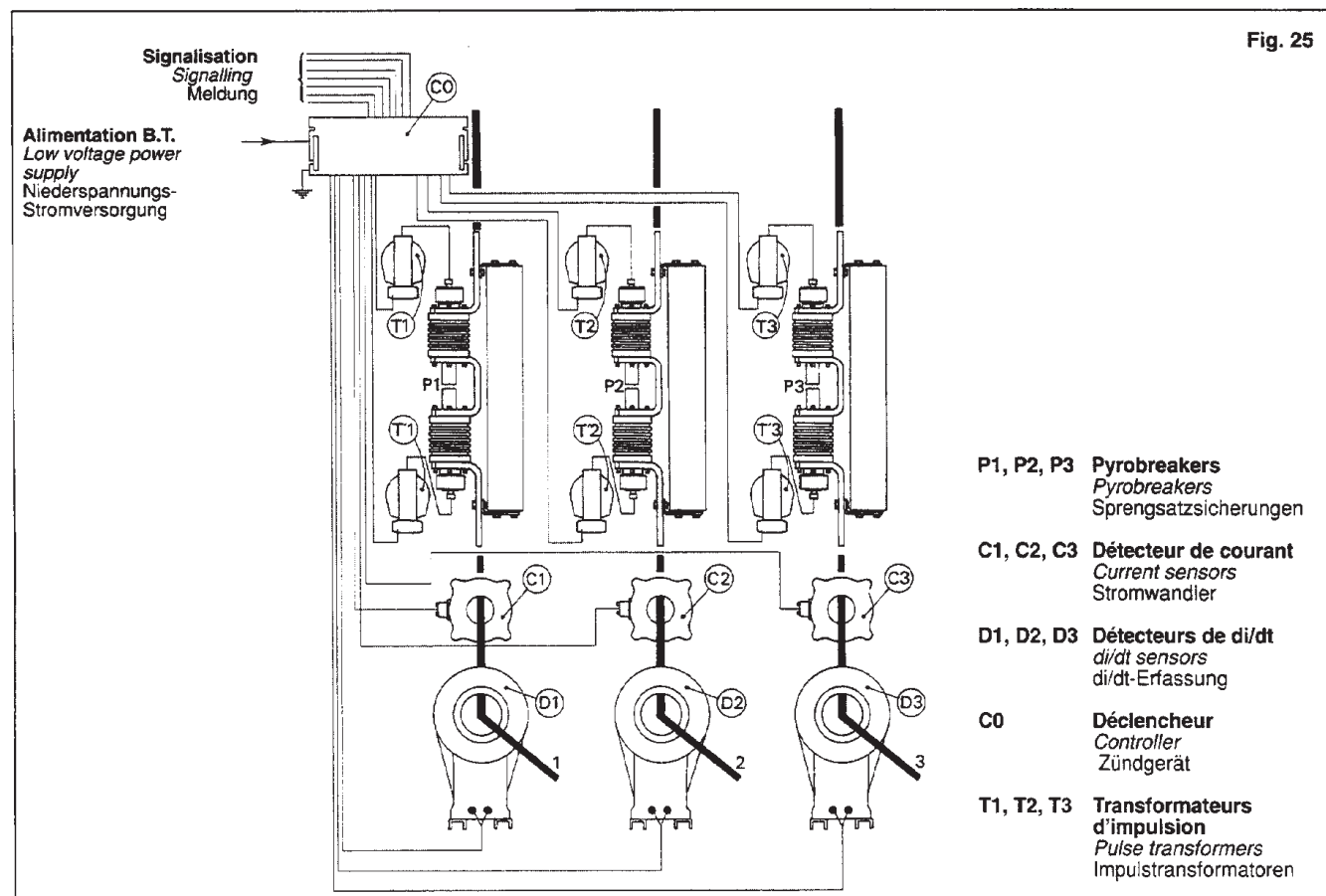
• Technische Dokumentation mit :

- technischen Angaben und Zeichnungen
- Verdrahtungshinweisen
- Serien- und Typenprüfberichten der Komponenten

SYSTEME TRIPHASE jusqu'à 11 kV, 4 kA avec mesure de I et di/dt.
THREE-PHASE SYSTEM up to 11 kV, 4 kA with I and di/dt measurement.
DREIPHASIGES SYSTEM bis 11 kV, 4 kA mit Erfassung von I und di/dt.



SYSTEME TRIPHASE 11-20 kV, jusqu'à 3 kA avec mesure de I et di/dt.
THREE-PHASE SYSTEM 11-20 kV, up to 3 kA with I and di/dt measurement.
DREIPHASIGES SYSTEM von 11-20 kV, bis 3 kA mit Erfassung von I und di/dt.

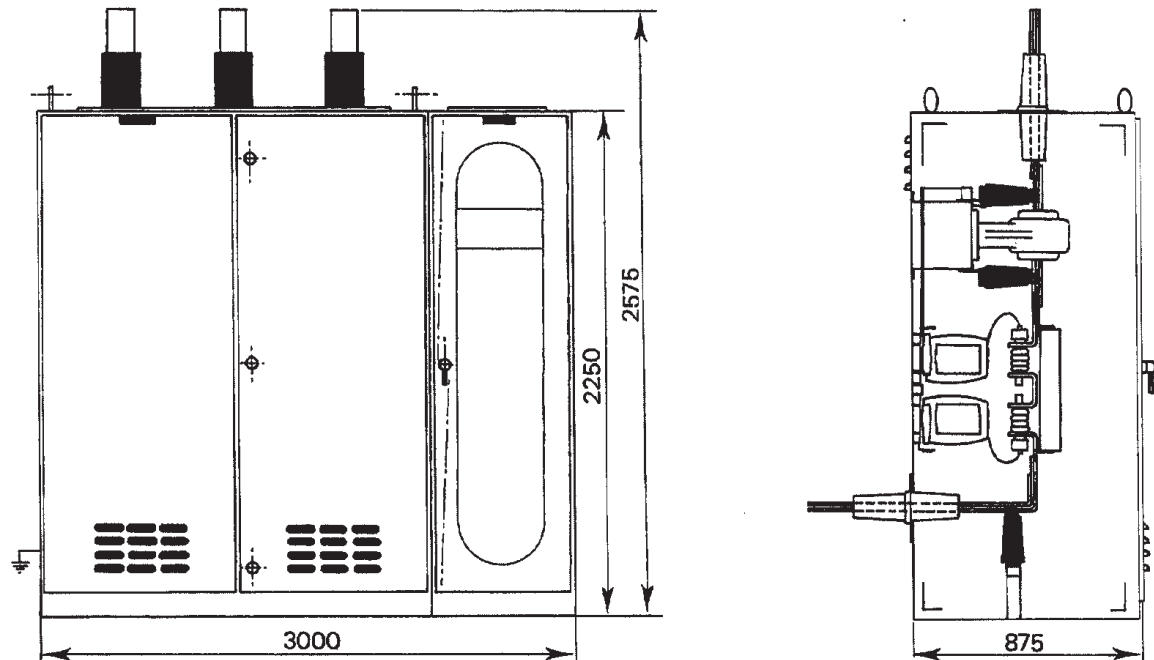


Exemple de réalisation d'armoire triphasée 15 kV - 4 kA. Dimensions adaptées à l'installation sur demande.
Dans ces dimensions, il est possible de réaliser 20 kV - 6 kA.

Fig. 28

Example of three-phase cubicle 15 kV - 4 kA. Dimensions adapted to the installation on request.
In these dimensions, it is possible to realize 20 kV - 6 kA

Beispiel eines dreiphasigen Schrankes 15 kV - 4 kA (bis 20 kV - 6 kA möglich). Abmessungen nach Kundenwunsch.



Exemple de châssis triphasé 11 kV - 4 kA.

Fig. 26

Example of three-phase frame 11 kV - 4 kA.
 Beispiel eines dreiphasigen Grundgestelles 11 kV - 4 kA.

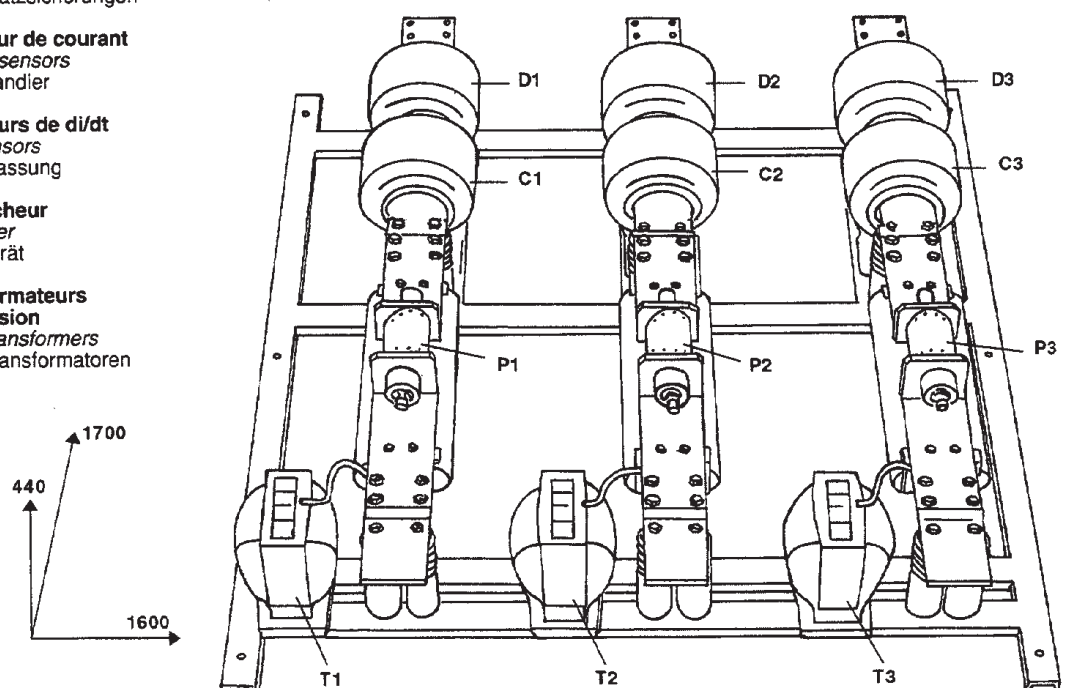
P1, P2, P3 Pyrobreakers
Pyrobreakers
 Sprengsatzsicherungen

C1, C2, C3 Détecteur de courant
Current sensors
 Stromwandler

D1, D2, D3 Détecteurs de di/dt
di/dt sensors
 di/dt-Erfassung

C0 Déclencheur
Controller
 Zündgerät

T1, T2, T3 Transformateurs d'impulsion
Pulse transformers
 Impulstransformatoren



9.3.2 - Produits et services (facturés)

• un testeur - nécessaire à la mise en route et à la maintenance du système PYRISTOR est également proposé par FERRAZ (NT PYRO 805).

• une assistance à la mise en route et à la formation du personnel sur site (sur devis).

• un service après-vente capable d'intervenir après l'établissement d'un devis :

- pour l'entretien préventif du système PYRISTOR complet. Cet entretien peut également être réalisé par le client à l'aide de la notice NT PYRO 810 et du testeur NT PYRO 805.

- pour la réparation de PYROBREAKERS ayant fonctionné. LE RETOUR EN USINE EST OBLIGATOIRE. Une partie des pièces peut être récupérée.

- pour la maintenance du PYROBREAKER au bout de 5 ans de fonctionnement ou de 10 ans de stockage (voir chapitres 6.5 et 6.9). LE RETOUR EN USINE EST OBLIGATOIRE. Dans ce cas, seul le moteur pyrotechnique est remplacé.

9.3.2 - Products and services (invoiced)

• a test set, required for the starting and maintenance of PYRISTOR system, is also supplied by FERRAZ (NT PYRO 805).

• a technical assistance when starting the equipment and training the staff on site (on quotation).

• an after sales service which can act after a quotation is established

- for preventive maintenance of the complete PYRISTOR system. This maintenance can also be carried out by the customer himself using our manual NT PYRO 810 and the test set described in our NT PYRO 805.

- for the repair of PYROBREAKERS that have operated, **THEY MUST BE RETURNED TO OUR FACTORY.** Some parts may be reused.

- for the maintenance of the PYROBREAKER after 5 years of operation or 10 years of storage, see chapters 6.5 and 6.9, **THE PYROBREAKERS MUST BE RETURNED TO OUR FACTORY.** In this case, the pyrotechnic motor only is replaced.

9.3.2 - Weitere Produkte und Dienstleistungen (gegen Berechnung)

• Eine Prüfhilfe für Inbetriebnahme und Wartung des Systemes kann von FERRAZ angeboten und geliefert werden.

• Auf Anfrage wird FERRAZ die Möglichkeiten einer Inbetriebnahme und Personalschulung erörtern und anbieten.

• Eine Wartung kann nach Anfrage und entsprechender Vereinbarung vorgesehen werden :

- Die Wartung innerhalb des normalen Betriebes. Diese ist auch von dem Betreiber gemäß den Vorschriften in NT PYRO 810 und mittels der Prüfhilfe nach NT PYRO 805 durchführbar.

- Für eine Wiederherstellung nach Funktion **MÜß DAS GERÄT INS WERK EINGESCHICKT WERDEN ;** nur Teile sind wiederverwendbar.

- Für die Wartung nach 5 oder 10 Jahren Betriebs- und/oder Lagerzeit (siehe Abschnitte 6.5 und 6.9) ist ebenfalls die **EINSENDUNG UNUMGÄNGLICH.** In diesem Fall wird nur der Sprengsatz ausgetauscht.

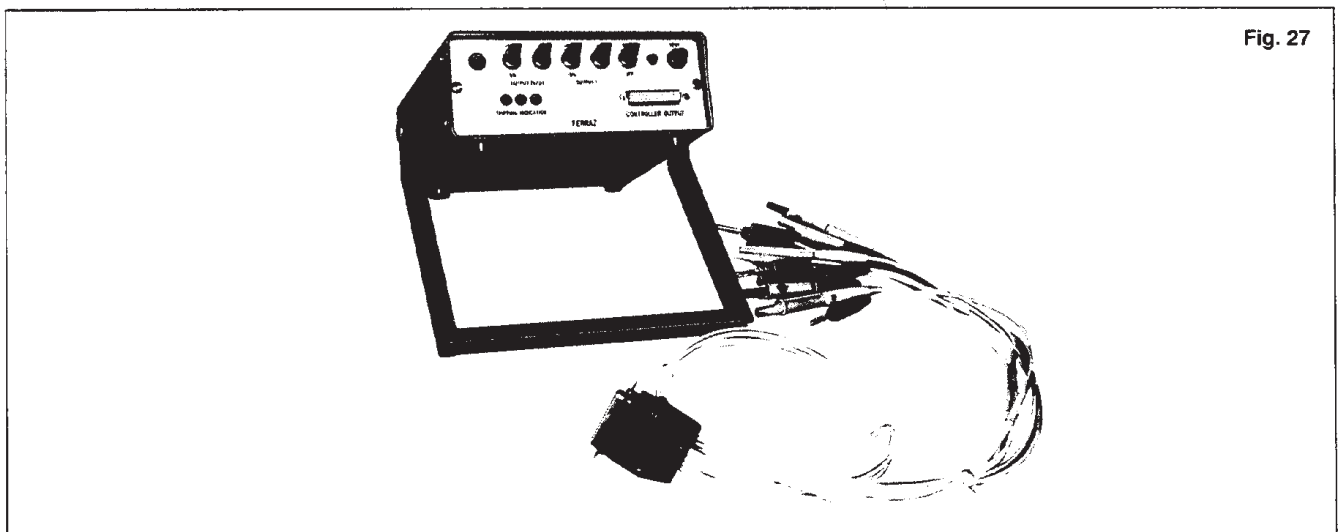


Fig. 27

FERRAZ

28, rue Saint Philippe
B.P. 3025 - 69391 Lyon Cedex 03-France
Tél. 33 (0)4 72 22 66 11
Fax. 33 (0)4 72 22 67 13

Rue de Vaucanson
69720 Saint-Bonnet de Mure - France
Tél. 33 (0)4 72 22 66 11
Fax. 33 (0)4 72 22 66 12

N° Identification CEE : FR 429 555 11 217

Publication: E500047-07/96
NT PYRO100 **F-GB-D**
RA 0209 A