

SYNCHRON GENERATOREN IN PARALLEL SCHALTUNG
SYNCHRONOUS GENERATORS PARALLEL OPERATION



INHALTSVERZEICHNIS

- 1) EINFÜHRUNG
 - 1.1) Zweck
 - 1.2) Grunddefinitionen über den Synchrongenerator
 - 1.3) Stabilität und Verteilung der Last
- 2) DIE PARALLELVORRICHTUNG "PD"
- 3) DER REGLER DES LEISTUNGSFAKTORS "PFR"
 - 3.1) Beschreibung
 - 3.2) Technische Eigenschaften
 - 3.3) Technische Daten
- 4) GRUNDVORAUSSSETZUNGEN FÜR DIE PARALLELE ZWISCHENSCHALTUNG
- 5) ÜBERPRÜFUNG DER PARALLELSCHALTUNG MIT ELEKTRONISCH GEREGLTEN WECHSELSTROM-GENERATOREN
 - 5.1) Parallelschaltung bei Generatoreninseln
 - 5.2) Parallelschaltung im Netz

ANHANG A : Schema-Zeichnungen der Generatoranschlüsse

TERMINOLOGIE

AVR (Automatic Voltage Regulator)

Elektronischer Spannungsregler

UVR6 oder SR7

Elektronischer Spannungsregler von MECC ALTE Generatoren

PD (parallel device)

Parallelvorrichtung; Wandler, der eine Spannung liefert, die proportional zu den Ampere-Windungen ist, die den Kern durchströmen (siehe Kapitel 2).

Nebenspule der PD

Seriell eingesetzte PD-Spule für den Spannungsanschluss, abhängig von der Anwendung und gem. Tabelle 2.1

PFR (power factor regulator)

Regler der Spannung, des Blindstroms oder des $\cos \varphi$ (siehe Kapitel 3).

TV

Spannungstransformator

CONTENTS

- 1) INTRODUCTION
 - 1.1) Aim
 - 1.2.) Basic theories of the synchronous generator
 - 1.3.) Stability and distribution of the load
- 2) THE PARALLEL DEVICE (PD)
- 3) THE POWER FACTOR REGULATOR (PFR)
 - 3.1) Description
 - 3.2) Technical specifications
 - 3.3) Technical data
- 4) PRELIMINARY CONDITIONS FOR PARALLELING
- 5) PARALLEL CHECKING WITH ELECTRONICALLY-REGULATED GENERATORS
 - 5.1) Parallel with like generators
 - 5.2) Network Parallel

APPENDIX A : Generators connection diagrams

TERMINOLOGY

AVR

Automatic Voltage Regulator

UVR or SR7

Voltage regulation board for generators manufactured by MECC ALTE

PD

Parallel device; a transducer supplying a voltage proportional to the ampere-turns crossing the core (see chapter 2)

PD secondary coil

The PD secondary coil used in series with the voltage sensing, depending on the application and in accordance with Table 2.1

PFR

Regulator of voltage, reactive current or $\cos \varphi$ (see chapter 3)

TV

Voltage transformer

1) EINFÜHRUNG

1.1) Zweck

Die Parallelschaltung von zwei oder mehreren Generatoren innerhalb einer Stromerzeugungsanlage erscheint immer dann erforderlich, wenn man:

- die Kapazität der gesamten Anlage erhöhen möchte
- die ununterbrochene Stromversorgung bei Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen an den Anlagen gewährleisten möchte
- die Maße und/oder das Gewicht der Maschinen einschränken möchte
- die Betriebssicherheit der gesamten Anlage erhöhen möchte
- die Leistungsfähigkeit der gesamten Anlage erhöhen möchte

Insbesondere der letzte Punkt deutet darauf hin, dass mehrere in Voll-Last betriebene Generatoren den Einsatz der an die Generatoren gekoppelten Hauptmotoren im gesamten Leistungsbereich bis hin zur Erreichung der Nennleistung optimieren.

1.2) Grunddefinitionen über den Synchrongenerator

Die Zweckmäßigkeit dieses Handbuchs lässt folgende allgemeine Definition zu: der Synchrongenerator ist ein idealer Wechselspannungsgenerator V_0 mit Frequenz f und mit serieller Ausgangsinduktanz (synchron) L_s (Abbildung 1.2.1.a). Die Wechselspannung V_0 wird im Modul vom Erregungsstrom und in der Frequenz von der Geschwindigkeit des Hauptmotors gesteuert. So wird bei einem elektrischen Durchfluss I_u die Spannung an den Ausgangsklemmen V_u gleich $V_u = V_0 - j X_s I_u$ sein (wo j =Komplexoperator) (Abbildung 1.2.1.b). Die Gleichung $j X_s = j 2\pi f L_s$ stellt die Ausgangsreaktanz dar, dessen Spannungsverlust $-j X_s I_u$ im Vergleich zu I_u verspätet wattlos ist.

Auf Grund der magnetischen Sättigung und der Form der Pole ist dieser Näherungswert zu ungenau, als dass man ihn in Berechnungen jeglicher Art einsetzen könnte; schließlich dient er ausschließlich dem besseren Verständnis der Generatorvorgänge.

Das o.g. Modell verdeutlicht, dass beim Anlegen einer induktiven Last an den Synchrongenerator der um 90° auf die Klemmenspannung phasenverzögerte Stromfluss I_L einen Abfall $-j X_s I_L$ verursacht, der in Gegenphase zu V_u ist und somit abnimmt (Abbildung 1.2.2.a). Um die vorgegebene Klemmenspannung V_u zu halten, ist es erforderlich, V_0 um $j X_s I_L$ zu erhöhen, was wiederum den Erregungsstrom verstärkt; in diesem Fall wird der Wechselstromgenerator als "übererregt" bezeichnet.

Analog dazu beim Anlegen einer kapazitiven Last verursacht der um 90° auf die Klemmenspannung phasenvoreilende Stromfluss I_C einen Abfall $-j X_s I_C$, der in Phase zu V_u ist und somit zunimmt. Um die vorgegebene Klemmenspannung zu halten, ist es erforderlich, V_0 um $X_s I_C$ zu verringern, was wiederum den Erregungsstrom mindert; in diesem Fall wird der Wechselstromgenerator als "untererregt" bezeichnet (Abbildung 1.2.2.b)

Mit einer Widerstandsbelastung hingegen werden der Stromfluss I_R und der Abfall $-j X_s I_R$ hinsichtlich V_u entsprechend phasengleich und verspätet wattlos und somit wird sich V_u bei eingeschränkter Last nicht sehr von V_0 unterscheiden.

1) INTRODUCTION

1.1) Aim

Two or more generator sets are paralleled together whenever it is needed to:

- increase the capacity of the whole system
- allow energy supply without interruptions in the case of maintenance of generator sets
- limit the size and/ or the weight of the machines
- increase the reliability of the whole system
- increase the efficiency of the whole system

This last point in particular means that more generators operating in a full load condition manage to optimise the usage of prime movers coupled with the generators within the entire power field up to and including the power rating of the whole system itself.

1.2) Basic notions of the synchronous generator

The purpose of this manual being considered, the synchronous generator can be approximately defined as an ideal generator characterised by an alternating voltage (V_0) and a frequency (f) with an in-series (synchronous) output inductance (L_s) (picture 1.2.1.a). The V_0 amplitude is controlled by the excitation current, and the V_0 frequency by the speed of the prime mover. As a consequence, when a current (I_u) is fed through, the output terminal voltage (V_u) will result from: $V_u = V_0 - j X_s I_u$ (where j = complex operator) (picture 1.2.1.b). The term $j X_s = j 2\pi f L_s$ represents the output reactance whose voltage drop has a right angle lagging in respect of I_u .

Because of the magnetic saturation and the poles' shape, such a definition is too approximate to be used for any sort of calculations: its use here only aims at improving the understanding of the phenomena linked to the generators.

The above quoted model, in fact, shows that if an inductive load is applied to a synchronous generator, the current I_L , having a 90° lag on the terminal voltage, causes a voltage drop $-j X_s I_L$ whose phase opposition, therefore, decreases in respect of V_u (picture 1.2.2.a). In order to preserve the V_u terminal voltage previously set, $j X_s I_L$ will need to be added to V_0 , thus increasing the excitation current; in such a state the generator is commonly said to be 'overexcited'.

Similarly, if a leading load is applied, the current I_c , with a 90° phase lead on the terminal voltage, will then cause a voltage drop $-j X_s I_c$ in phase with V_u which, therefore, increases. In order to preserve the terminal voltage as previously set, $X_s I_c$ will need to be deducted from V_0 , thus reducing the excitation current; in such a state, the generator is commonly said to be 'underexcited' (fig. 1.2.2.b)

In the case of a resistive load, on the contrary, the current I_R and the voltage drop $-j X_s I_R$ will respectively be in phase and at right angle lagging in respect of V_u which, therefore, will not differ much from V_0 in the case of moderate loads.

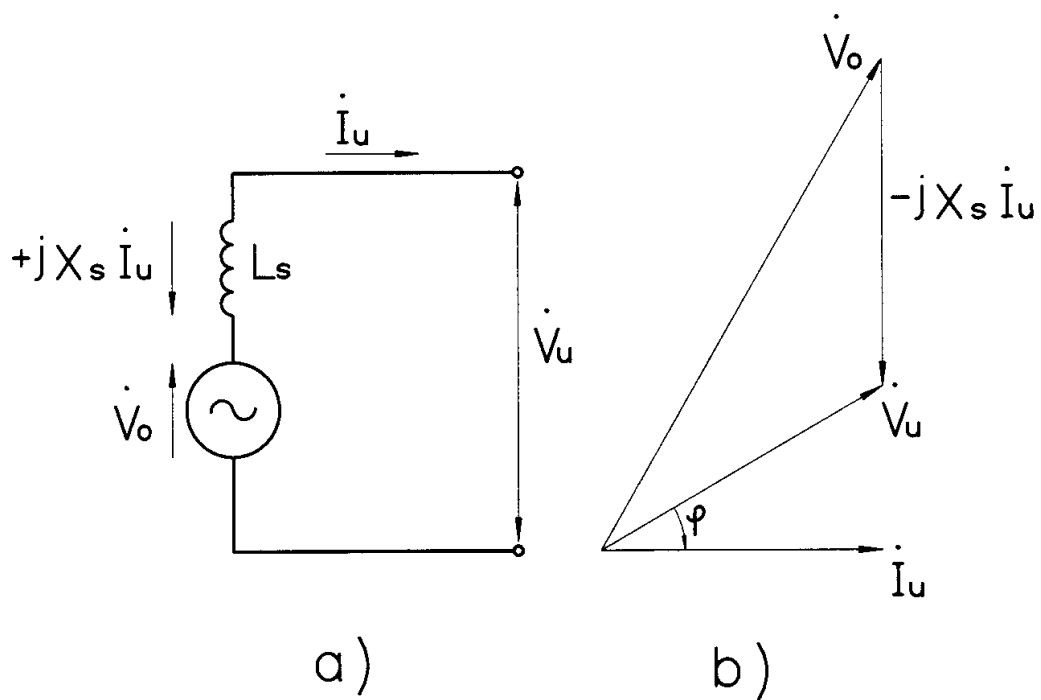


fig. 1.2.1

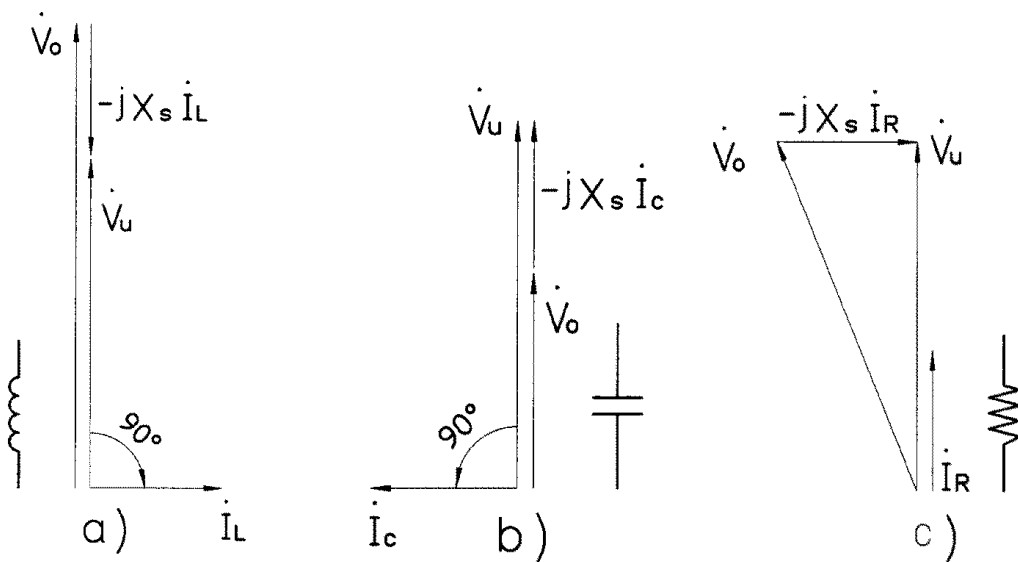


fig. 1.2.2

Um die vorgegebene Klemmenspannung zu halten, wird die durchzuführende Korrektur an V_0 minimal ausfallen (Abbildung 1.2.2.c).

Ein elektronisch geregelter Wechselstromgenerator ist eine Einrichtung die, per Rückkopplung an die Ausgangsklemmen angeschlossen, die Spannung V_u konstant hält und zudem die Erregung entsprechend regelt. Sie "verbirgt" dem Bediener den Spannungsverlust des Ausgangsblindwiderstands $j X_s$ und läßt das System als einen idealen Generator erscheinen (Abbildung 1.2.3).

Ein nicht elektronisch geregelter Wechselstromgenerator ist hingegen eine Einrichtung, die seriell an die Ausgangsklemmen angeschlossen ist und bei Variieren des Moduls und der Stromspannung die Erregung gem. der oben genannten Formeln regelt. Dieses System weist normalerweise eine geringere Genauigkeit im Vergleich zum rückgekoppelten System auf.

1.3) Stabilität und Verteilung der Last

Wenn zwei spannungsgleiche und parallel angegeschlossene Spannungsgeneratoren hinsichtlich Amplitude und Phase vollkommen ausgeglichen sind ($V_{o1}=V_{o2}=V_0$), sind die jeweiligen Ströme I_{u1} und I_{u2} , die die Last versorgen, sowohl hinsichtlich Amplitude als auch Phase identisch (Abbildung 1.3.1.a). Eine Abweichung zwischen den Spannungsamplituden erzeugt einen induktiven Blindleistungsfluss vom Generator mit der höheren Spannung (übererregt) zu dem mit der geringeren Spannung (untererregt) wie oben beschrieben. Eine Differenz zwischen den Spannungsphasen erzeugt hingegen einen Wirkleistungsfluss vom Generator in Vorlaufspannung zu dem in Nachlaufspannung, der die Funktion eines Motors übernimmt. Ein Zustand wie in Abbildung 1.3.1.a ist mit synchronen Wechselstromgeneratoren, selbst wenn vom gleichen Typ, auf Grund verschiedener Faktoren nicht realisierbar: Abweichungen bei den elektrischen Maschinen (in Hinblick auf Bauart, Fertigung, Materialien) und elektronisch erregten Anlagen, Drehmomentschwankungen in den Generatoren der Hauptmotoren, unterschiedliche Leitungsimpedanzen zwischen Generator und Parallelknoten, usw. All diese Unterschiede erzeugen zwischen den Generatoren Wirk- und Blind-Kreisströme I'' und führen zu Situationen wie im Beispiel von Abbildung 1.3.1.b. Selbst wenn es dank einer besonderen Lastsituation gelänge, den Stromfluss richtig aufzuteilen, bliebe diese bei einer Lastveränderung nicht konstant. Zudem würde die auf Grund der unterschiedlichen Wärmedrifts der Anlagenbauteile entstandene Stromteilung mit der Zeit variieren. Man kann sich die Größenordnung der sich bildenden Kreisströme vorstellen, indem man eine Abweichung von 1% zwischen den Spannungen von zwei spannungsgleichen und parallel betriebenen Generatoren mit einem Scheinwiderstand (zum Beispiel Leitungswiderstand) von 0,1% gegenüber der Basisimpedanz annimmt, die somit einen Kreisstrom erzeugt, der zehn Mal höher ist als der Nennstrom. Die oben genannten Schwierigkeiten könnten jedoch vermieden werden, wenn seriell an jeder elektrischen Maschine ein Abgleichungselement angeschlossen würde, dessen Blindwiderstand $j X$ beim Durchfluss des maximal zulässigen Kreisstroms einen Spannungsverlust $V_z = j X I_c$ verursachen würde, der ausreicht, um die vorhandene Spannungsunabgeglichenheit bei Parallelbetrieb auszugleichen.

In order to preserve the terminal voltage previously set, V_0 will only need to be slightly adjusted (picture 1.2.2.c)

An electronically-regulated generator comprises a system whose voltage, if connected in feedback to the output terminals, keeps the V_u voltage constant by regulating the excitation when needed, and therefore 'conceals' from the user the voltage drop on the output reactance $j X_s$ thus making the system appear an ideal generator (picture 1.2.3.)

A non electronically-regulated generator, instead, comprises a system that, if connected in series to the output terminals, regulates the excitation as the phase amplitude and current vary themselves with a precision which is generally inferior to the feedback system.

1.3.) Stability and distribution of the load

When two ideal voltage generators connected in parallel are perfectly balanced both in amplitude and phase ($V_{o1} = V_{o2} = V_0$), the amplitude and the phase of their respective currents I_{u1} and I_{u2} supplied on the load are equivalent (picture 1.3.1.a) .

A difference between the amplitudes of the voltages gives rise to a flow of inductive reactive power from the generator having the highest voltage (overexcited) towards the one having a lower voltage (underexcited), in accordance with what has been previously stated.

A difference between the phases of the voltages creates instead a flow of active power from the generator having a lead voltage towards the one having a lagging voltage, which therefore operates as a motor.

In the case of synchronous generators - even of the same type- a condition similar to the one described in picture 1.3.1. cannot occur because of several reasons: tolerances typical of electric machines (tolerances connected with the construction, the manufacturing or the materials used) and of electronic excitation systems; torque variations in the prime movers; different line impedance between the generator and the parallel node, etc. These differences create among the generators circulation currents I'' of both active and reactive kind, thus producing a set of conditions such as those shown in picture 1.3.1.b. Even if, given a particular load condition, a correct distribution of the current could be obtained, this current will not remain constant as the load itself varies. Besides, because of the several thermal drifts of the system elements, the distribution of the current will eventually vary as well.

The extent of the circulation currents thus created is such that a difference of 1% between the voltages of two ideal voltage generators - connected in parallel by means of an impedance (e.g. a line impedance) corresponding to 0.1% of the generators' basic impedance - would give rise to a circulation current which is ten times higher than the nominal current.

The problems above-mentioned could all be avoided by connecting in series a compensation device constituted by a reactance $j X$ to all electrical machinery; as the maximum admissible circulation current I_c is fed through, the device can cause a voltage drop $V_z = j X I_c$ large enough to counterbalance the voltage's imbalance which existed before the closing of the parallel.

Es versteht sich, dass ein solches System weder kostenmäßig noch in Hinblick auf die Ausmaße, usw. wirtschaftlich tragbar wäre. Der genannte Blindwiderstand kann jedoch wirksam gegen andere Abgleichungskomponenten ausgetauscht werden, so dass die Spannungs-Strom-Kennlinie eines jeden Generators der eines Generators mit seriellem Schweinwiderstand entspricht. (Abbildung 1.3.2). Für die elektronisch geregelten Drehstromgeneratoren hat Mecc Alte die sogenannte "Parallelvorrichtung" PD eingeführt.

It is evident that such a system is not costeffective, and its size is not advantageous either. Yet, the above-mentioned reactance can easily be replaced by other compensation devices, so that the characteristic curve Voltage-Current of each generator equals the one of a generator with an in-series impedance (picture 1.3.2.) . In the case of electronically-regulated generators, Mecc Alte has adopted the so-called Parallel Device (PD).

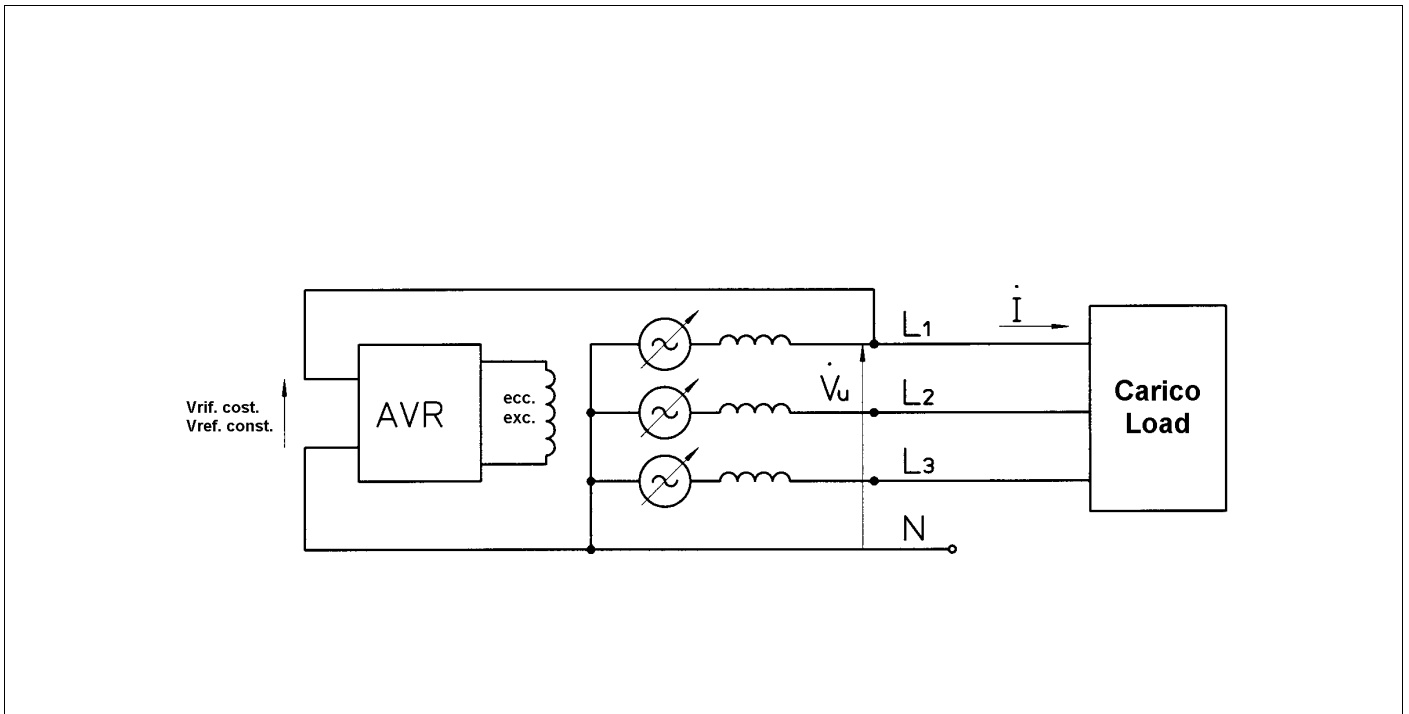


fig. 1.2.3

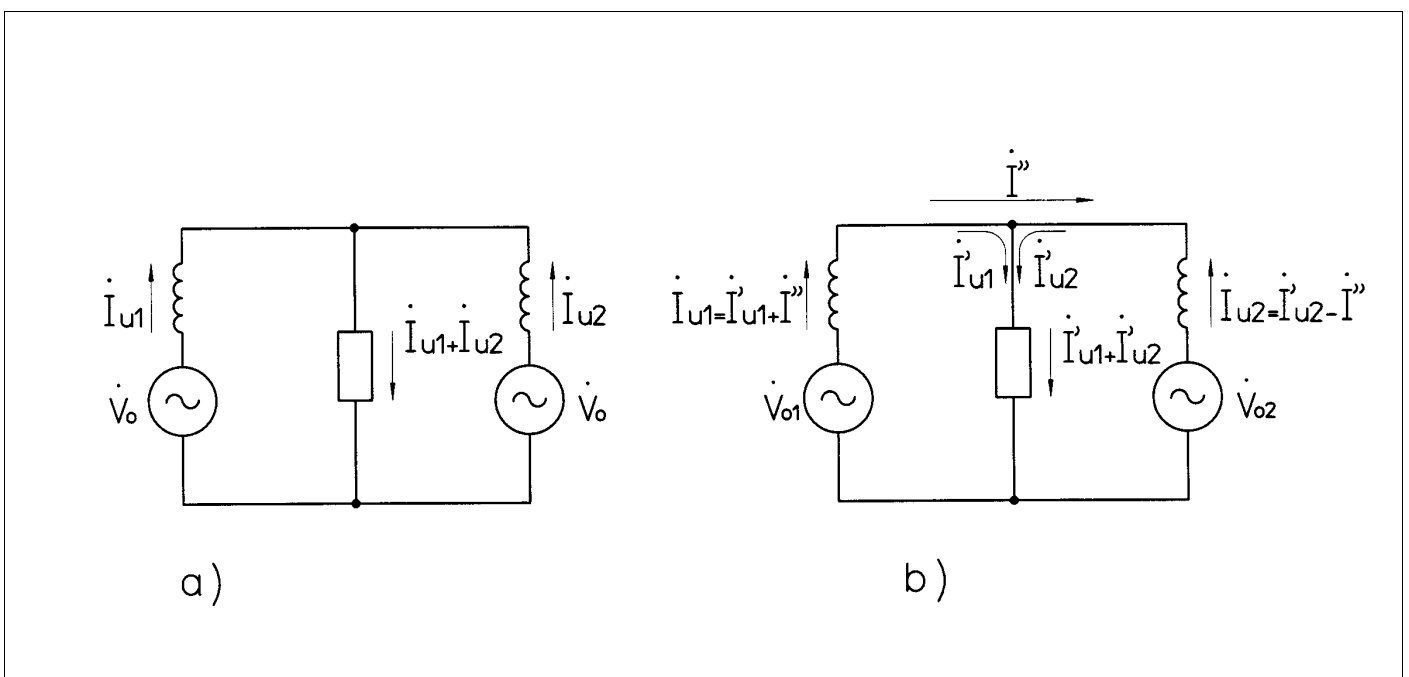


fig. 1.3.1

2) DIE PARALLELVORRICHTUNG "PD"

Die PD ist eine auf einen ferromagnetischen Kern aufgewickelte Spule, mit konstantem und vom Generatortyp abhängigen Luftspalt. Wenn der Kern von einer Sinusphase durchflossen wird, die beispielsweise vom Strom einer Phase des Drehstromgenerators erzeugt wurde, entsteht an den Spulenden eine Spannung V_{pd} , deren Amplitude proportional zum Strom ist, wohingegen die Phaselage um 90° gegenüber dem Strom voreilt. Die PD ist also ein Strom-Spannung-Wandler I_u - V_{pd} , mit $V_{pd} = j K_{pd} I_u$ (man achte hier auf die Analogie zwischen den Beziehungen $V_z = j X I_c$ und $V_{pd} = j K_{pd} I_u$). K_{pd} ist eine direkt zur Anzahl der Spiralwindungen der Nebenspule (vom Hersteller vorgegeben) sowie der Hauptspule (festgelegt während der Montage) proportionale Konstante und umgekehrt proportional zum Luftspalt in den Kernen (siehe Tabelle 5.1). Die PD wird so angeschlossen, dass sie vom Strom einer Generatorphase durchströmt wird; die gleiche Phase muss auch vom elektronischen Regler als Bezug für die Rückkopplung verwendet werden. Die Ausgangsnebenspule wird seriell am gleichen Anschluss angebracht und verursacht somit einen "Fehler" innerhalb der Regelanlage. Die Anschlussspannung entspricht somit nicht mehr jener der Klemmen V_u , sondern $V_u + V_{pd}$, die daher vom elektronischen Regler konstant gehalten wird (Abbildung 2.1). Ungeladen ist V_{pd} gleich null. Mit einer rein induktiven Last kompensieren sich die Phasenungleichheit um 90° im Vorlauf V_{pd} gegenüber I_L und die Phasenungleichheit um 90° im Nachlauf des Stromflusses I_L gegenüber V_u , so dass V_u und V_{pd} sich exakt phasengleich untereinander aufsummieren. Der Regler verringert die Erregung und somit V_u , sobald eine Zunahme der Bezugsspannung gleich V_{pd} wahrgenommen wird und führt $V_u + V_{pd}$ auf den voreingestellten Wert wieder zurück. Mit kapazitivem Strom I_c , V_u und V_{pd} stehen sie untereinander genau in Gegenphase (V_{pd} negativ) und deshalb ist $V_u + V_{pd}$ kleiner als V_u . In diesem Fall erregt der Regler den Generator.

Dies führt, je nach Situation, zu den folgenden Verhaltensmöglichkeiten:

- ⇒ im Einzelbetrieb wird man bei der Schaltung einer induktiven Last (kapazitiv) eine Verringerung (Zunahme) der Generatorspannung V_u um den eigenen Wert V_{pd} feststellen können, d.h. proportional zur Last (Abbildung 1.3.2).
- ⇒ im Parallelbetrieb wird bei einem Netz mit fixer Spannung V_n , die kleiner (größer) als jene der am Generator V_u voreingestellten Spannung ist, ein Umlauf von induktivem Blindstrom (kapazitiv) vom Synchrongenerator in Richtung Netz erzeugt, welcher die im PD induzierte Spannung erhöht und somit den Regler zwingt, die Maschine zu untererregen (zu übererregen) bzw. den Stromfluss einzuschränken.

2) THE PARALLEL DEVICE (PD)

The PD is a coil wound up around a ferromagnetic core with a constant air gap and depending on the generator type. As it is known, when the core is crossed by a sinusoidal flow resulting, for instance, from the current of one of the generator's phases, the ends of the coil show a voltage V_{pd} whose amplitude is proportional to the current, whereas the phase is at right angle leading with respect to the current itself. The PD is therefore a transducer of current-voltage I_u - V_{pd} , where $V_{pd} = j K_{pd} I_u$ (see the analogy between $V_z = j X I_c$ and $V_{pd} = j K_{pd} I_u$).

K_{pd} is a constant which is proportional to the number of turns of both the secondary coil (specified by the manufacturer) and the primary one (specified during the assembly phase), whereas it is inversely proportional to the air gap inserted in the cores (see tab. 5.1).

The PD is connected in such a way so as to be crossed over by the current of the synchronous generator's phase which is itself used by the electronic regulator as a sensing for the voltage feedback. The output secondary coil is connected in series to the sensing itself so as to introduce an 'error' in the regulation system. As a result, the sensing voltage will no longer be the terminal voltage V_u but rather $V_u + V_{pd}$, which will therefore be kept constant by the electronic regulator (picture 2.1).

At no-load condition, the voltage V_{pd} is of course void.

Under a merely inductive load, the V_{pd} , having a right angle lead with respect to I_L , and the current I_L , being at right angle lagging with respect to V_u , mutually compensate, and V_u and V_{pd} therefore perfectly sum up together in phase. The regulator, perceiving an increase in the sensing voltage equalling V_{pd} , reduces both the excitation and V_u so as to lead $V_u + V_{pd}$ to the level previously set in a no-load condition.

With a leading current I_c , V_u and V_{pd} are exactly in phase opposition (negative V_{pd}), so $V_u + V_{pd}$ is inferior to V_u . In such a case the regulator overexcites the generator.

Depending on the situation, this leads to the following patterns:

- ⇒ in the case of stand-alone operation, when a purely inductive (leading) load is connected, the generator's voltage V_u will decrease (increase) by an amount corresponding to V_{pd} , and it is therefore proportional to the load (picture 1.3.2.)
- ⇒ in the case of operation in parallel with a fixed line voltage network (V_n), which is smaller (larger) in comparison with the generator's previously set one (V_u), a circulation of reactive inductive (leading) current is generated from the synchronous generator to the network causing an increase in the voltage induced in the PD in phase (or counterphase) with V_u , thus forcing the regulator to underexcite (overexcite) the machine and limiting the extent of the current itself.

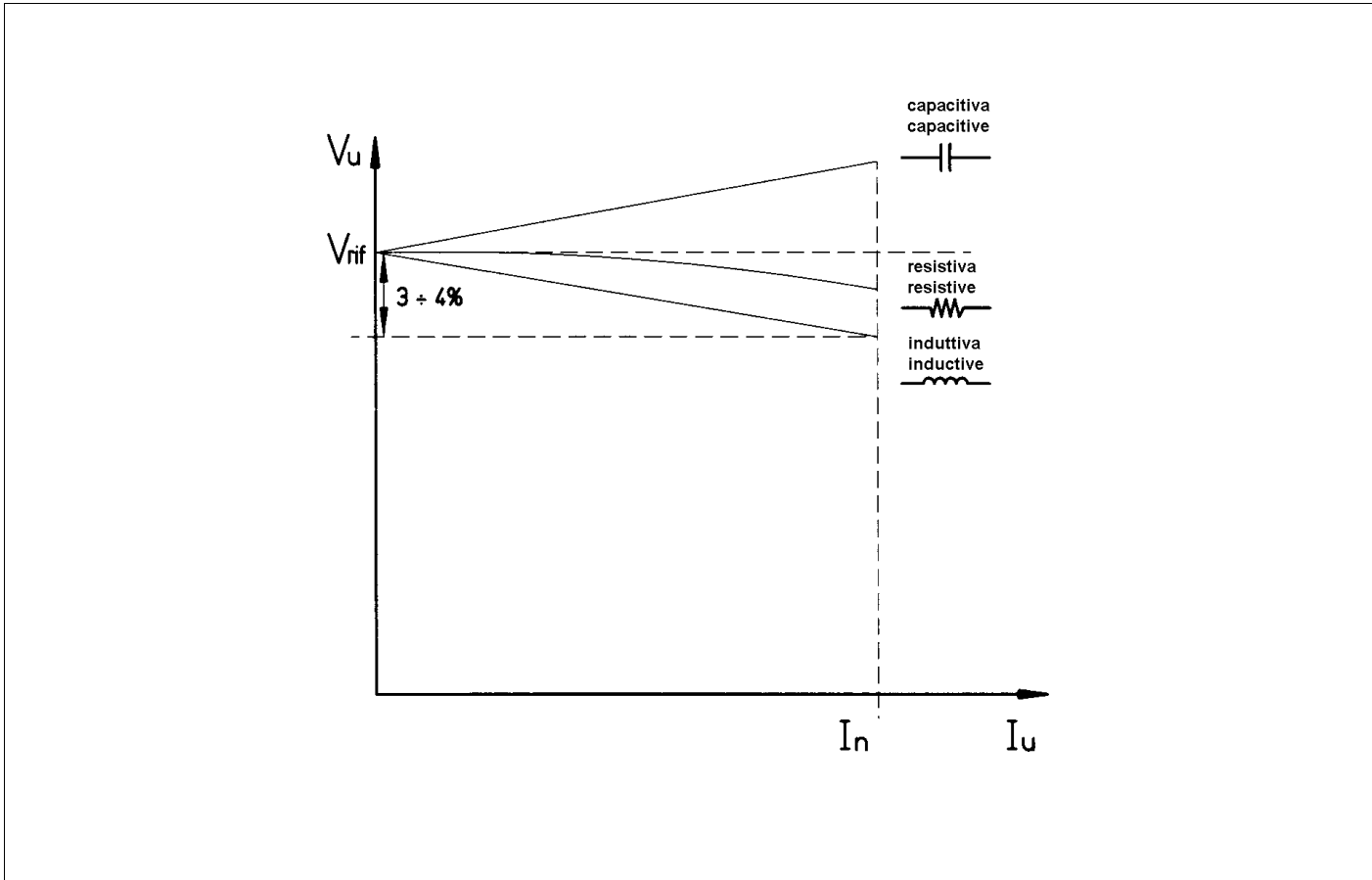


fig. 1.3.2

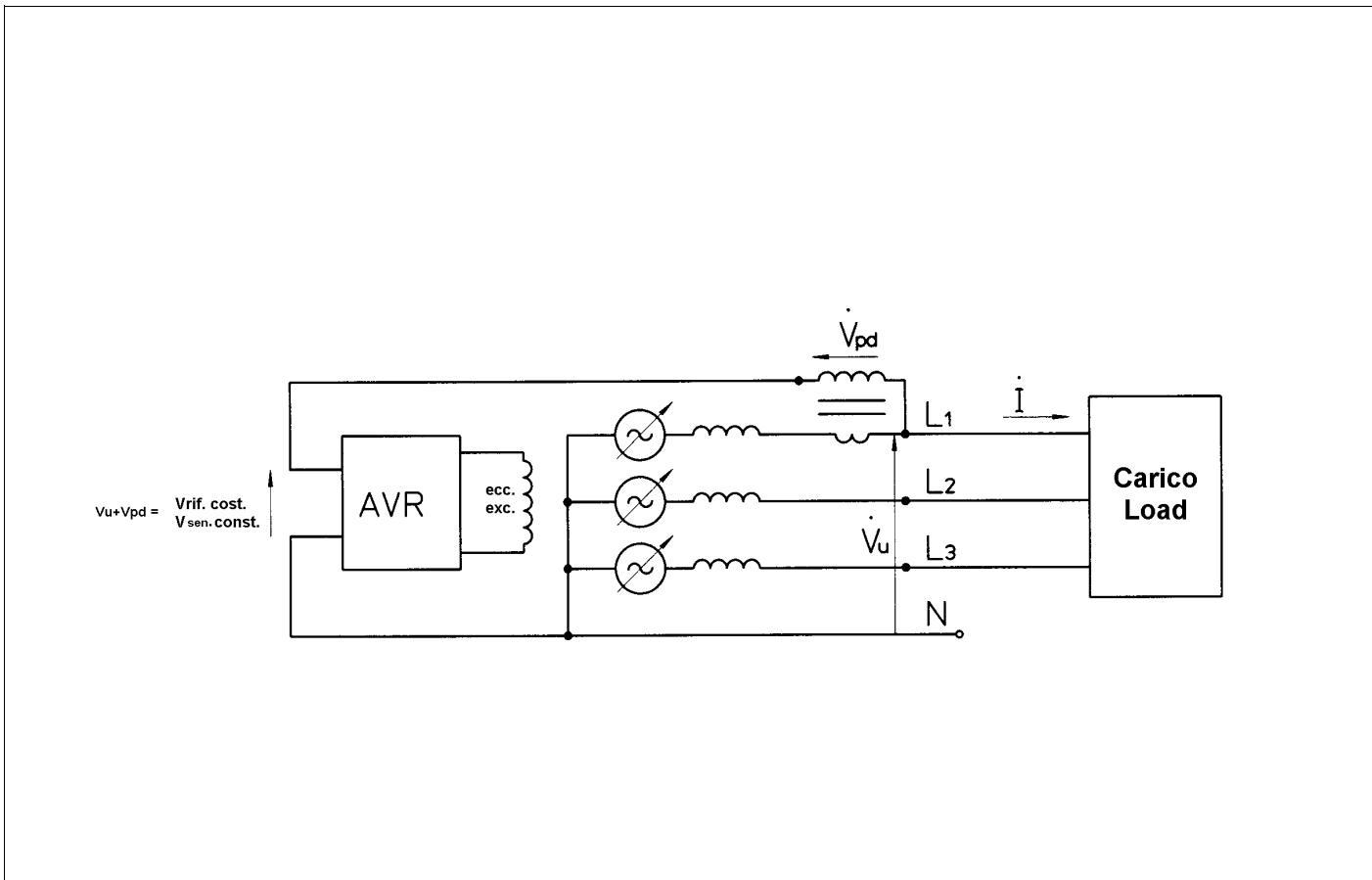


fig. 2.1

Wenn die Größe der PD angemessen und zusammen mit dem elektronischen Regler in Rückkopplung ist und diese schließlich einwandfrei angeschlossen sind, weisen sie folgende Eigenschaften auf:

- A. sie verhalten sich analog zu einem System mit serieller Reaktanz gem. der Konstanten K_{pd} der PD;
- B. sie sind, innerhalb eines Parallelsystems mit mehreren Generatoren, notwendig und ausreichend für den Ausgleich und die Verteilung der einzigen Stromblindkomponente, weil der gesamte Blindstrom ausschließlich von der angeschlossenen Last abhängig ist;
- C. sie sind, bei Parallelbetrieb zwischen Generator und Netz, notwendig und ausreichend für den Ausgleich des Blindstroms, jedoch nicht um diesen zu regeln, da innerhalb des Netzverbundes andere synchrone und nicht ansteuerbare Drehstromgeneratoren vorhanden sind.

Siehe 2.1) Ein korrekter Anschluss bedeutet ebenfalls die Durchflussrichtung des gleichphasigen Stroms durch den PD-Kern. Eine verkehrte Durchflussrichtung, bezogen auf die Klemmen der Nebenspule (Abbildung 2.1), führt zu einem entgegengesetzten Verhalten als oben beschrieben. Im Einzelbetrieb wird man deshalb eine andere gegensätzliche, als in Abbildung 1.3.2 beschriebene, Spannungs-Strom-Kennlinie vorfinden. Im Parallelbetrieb mit dem Netz baut sich, wie oben geschildert, ein Blindstromkreis auf, der abhängig von der auf dem Synchrongenerator voreingestellten Spannung ist. Eine falsche Durchflussrichtung führt allerdings bei Induktionsstrom zu einer Zunahme der Induktionsspannung in der PD in Gegenphase mit V_u ; der Regler wird hierbei gezwungen, die Maschine zu übererregen und dadurch den Stromfluss zu erhöhen anstatt zu mindern. In diesem Fall endet der Prozess, wenn der AVR die gänzlich verfügbare Erregerspannung mit deutlich höheren Strömen als der Nennstrom liefert. Im Fall von kapazitivem Stromhingegen endet der Prozess, wenn der AVR vollständig ausgeschaltet ist und der Strom sich auf einen Wert stabilisiert, der nicht unbedingt höher als der Nennstromwert ist. Sollte keine der Schutzeinrichtungen ausgelöst werden, kann diese Konstanz auch täuschen; dies ist allerdings bei einer Gleichspannung der Erregung kleiner als 0,5 Volt leicht erkennbar sowie an den Klemmen + und - des AVR (gelb-blaue-Kabel) messbar. Jedenfalls sollte man, um keine schweren Schäden am Drehstromgenerator und/oder an anderen Systemkomponenten zu verursachen, den Stromkreis schnell trennen können.

Die richtige Bemaßung der PD gewährleistet, dass an jedem Generator der gleiche Spannungsverlust erfolgt, wenn jeder von ihnen den eigenen Nennstrom erzeugt. Der konventionelle von Mecc Alte angewandte Verlust liegt zwischen 3% und 4% der Nennspannung.

Die PD ist mit unterschiedlichen Anschlüssen ausgestattet, um entsprechend angepasst werden zu können.

In einer parallel mit mehreren Generatoren betriebenen Anlage können also die in Tabelle 2.1 aufgelisteten Möglichkeiten auftreten.

The PD having adequate sizing, and the electronic regulator having a voltage feedback, as long as they are properly connected it follows that:

- A they behave in the same way as a system characterised by an in- series inductive reactance equaling the PD's constant K_{pd} ;
- B within a system in parallel with more generators, they are necessary to stabilise and distribute the reactive element of the current since the general reactive current solely depends on the connected loads;
- C within a system in parallel with generator and network, they are necessary to stabilise the reactive current, yet they are not sufficient to regulate it since other synchronous generators are present in the network which we cannot control.

Note 2.1.) The term 'correct connection' also includes the direction followed by the phase current while crossing the PD core. If inverted, with respect to the secondary coil's terminals (picture 2.1), it exhibits a pattern of behaviour as opposed to the one described above. In the case of machine in stand alone we will therefore have a Voltage-Current characteristic which is opposed to the one described in picture 1.3.2. though without any serious problems. In the case of network parallel/operation, a reactive current circulation, dependent on the voltage set on the synchronous generator, is created - as already seen above. Because of this inversion, however, the inductive current increases the voltage induced in the PD which finds itself in a counter-phase condition with respect to V_u , thus forcing the regulator to overexcite the machine and therefore increasing the quantity of the current itself instead of restricting it. In this case, the process is over when the AVR supplies all the excitation voltage available with currents which are many times higher than the nominal one. In the case of capacitive current, instead, the process is over when the AVR is completely turned off and the current steadily set at a value which is not necessarily higher than the nominal one. If no protection is supplied, this condition of stability may be misleading; yet it can be easily detected by the fact that the constant excitation voltage - that can be measured through the + and - AVR 's terminals (yellow-blue cables) is less than 0.5 Volts. Anyway, in order not to cause serious damage to the generator and/or to other system components, the circuit needs to be open with the utmost rapidity.

The proper sizing of the PD consists in assuring the same voltage drop in each generator each supplying its own nominal current. The conventional drop adopted by Mecc Alte is 3% to 4% of the nominal voltage.

The PD is provided with several taps for adjustments in all possible situations.

In a system made up of more paralleled generators numerous different situations are possible as shown in Table 2.1.

Fall case	Maschinentyp <i>machine type</i>	Art des verwendeten Anschlusses <i>type of sensing used</i>	Spannung V* bezogen auf den Regler <i>voltage V* as sensing for the regulator</i> (Volt)	Spannung Vpd mit Nominalstrom <i>Voltage Vpd with nominal current</i> (3-4% V*) (Volt)	Farbe den Ausgangsleitungen <i>colour of the output cables</i>
1*	6 Klemmen/ <i>terminals</i> 230/400V o 12 Klemmen/ <i>terminals</i> 230/400/460/800V	einphasig <i>single-phase</i>	230	7-9	gelb***-rot <i>yellow***-red</i>
2	6 Klemmen/ <i>terminals</i> 230/400V o 12 Klemmen/ <i>terminals</i> 230/400/460/800V	dreiphasig** <i>three-phase**</i>	230 (x3)	21-27	gelb***-schwarz <i>yellow***-black</i>
3	12 Klemmen/ <i>terminals</i> 115/200/230/400V	einphasig <i>single-phase</i>	115	3.5-4-5	rot***-grün <i>red***-green</i>
4	12 Klemmen/ <i>terminals</i> 115/200/230/400V	dreiphasig** <i>three-phase**</i>	115 (x3)	10.5-13.5	gelb***-grün <i>yellow***-green</i>

tab. 2.1

*) hier ist der Einsatz des Reglers mit Leistungsfaktor PFR bei Parallelschaltung im Netz erforderlich;

**) nur mit Regler-Typ UVR6;

***) seriell am grünen Kabel anschließbar, welches von der Klemme des Wechselstromgenerators kommt.

Es ist wichtig zu verdeutlichen, dass der PD-Satz plus elektronischer Regler ausschließlich die Ausgangsspannung und den Blindumlaufstrom beeinflussen.

Drehzahl (Frequenz), Drehmoment (Wirkleistung), und Synchronität für die Parallelschaltung usw., müssen von einem externen System gesteuert werden, da diese Parameter von der Steuerung des Wechselstromgenerators unabhängig sind (Motor, Turbine oder andere).

Bei Vorhandensein von starken Spannungsschwankungen im Netz (größer als Vpd Nennwert), typisch bei langen Leitungen (mit erhöhtem Scheinwiderstand) mit hohen Lasten, kann es vorkommen, dass die PD nicht ausreichend ist, um die Generatorstromabgabe innerhalb der Nennwertgrenze zu halten, es sei denn, die Konstante Kpd nimmt zu. In diesem Fall ist es angebracht, eine Einstellung durchzuführen, um die Erregung mit einer rückangetriebenen Vorrichtung auf die zu kontrollierende Größe einzustellen, z.B. der $\cos\phi$ oder der Blindstrom. Der PFR (Power Factor Regulator) ist eine für diesen Zweck von Mecc Alte entwickelte Vorrichtung.

*) case to be referred to in the case of usage of the power factor regulator PFR in a network parallel

**) only for the UVR6-type regulator

***) to be connected in series with the sensing's green cable of the generator terminal.

It should be noted that the PD plus the electronic regulator can only affect the output voltage and the circulation reactive current.

As for speed control (frequency), torque control (active power), synchronism for paralleling, etc., all these parameters, being dependent on the generator's pulling system (engine, turbine, other), must be handled by a system which is external to the generators.

In the presence of considerable variations in the network voltage (higher than a nominal Vpd) which are typical of long lines with elevated impedance, and of elevated loads, the PD may not be sufficient to keep the current supplied by the generator within its nominal value, unless the constant Kpd is increased. In such a case, the excitation should be trimmed by means of a device having a feedback on the parameter to be controlled, for example the $\cos\phi$ or the reactive current. The PFR (Power Factor Regulator) is the device designed by Mecc Alte to such purpose.

3) DER REGLER DES LEISTUNGSFAKTORS PFR

3.1) Beschreibung

Der von Mecc Alte hergestellte PFR ist eine Einrichtung, die angekoppelt an einen elektronischen Spannungsregler des Typs SR7 oder UVR6, die Überwachung des Blindstroms (Volt-Ampere-Reaktiv, VAR) oder des Phasenwinkels φ zwischen den Hauptkomponenten Spannung und Strom übernimmt (Oberwellen ausgeschlossen), d.h. der $\cos\varphi$ von einer der drei Phasen der netzparallel betriebenen Synchrongeneratoren; der Einsatz der Anlagen unter den bestmöglichen Leistungsbedingungen wird somit ermöglicht. Eine solche Steuerung ist insofern erforderlich, da ansonsten eine Netzspannungsänderung zu große Abweichungen verursachen würde und oft von den aus der Maschine ausgehenden VAR nicht toleriert werden. Die Blindleistung entspricht bekanntlich nicht der im Netz erzeugten Leistung, sondern verursacht eher zusätzliche Verluste für die Maschine. Jedenfalls erfordern normalerweise alle elektrisch betriebenen Anlagen eine gewisse Menge an Blindenergie gem. Darstellung in Abbildung 3.1.1.

Daraus geht hervor, dass die Scheinleistung, welche die Belastung der Maschine festlegt, im Allgemeinen nicht mit der Nutzleistung (Wirkleistung) übereinstimmt, sondern höher ist, es sei denn die VAR sind gleich null und demzufolge ist der $\cos\varphi$ gleich eins. Es ist also ratsam, die Anlage so zu betreiben, dass die vom Netz bezogene VAR, unter Berücksichtigung der vertraglichen Vereinbarungen mit dem Anlagenbetreiber, so gering wie möglich gehalten werden.

Diesbezüglich wird daran erinnert, dass die Größenordnung der erzeugten Wirkleistung (gemessen in Watt), ausschließlich von der Leistung der Hauptantriebswelle (Explosions-, Hydraulik- oder Turbinenmotor) abhängig ist. Die Einstellung des Motors regelt die Wirkleistung des Drehstromgenerators.

Je nach Situation kann es vorteilhaft sein, mit konstanten VAR oder konstanten $\cos\varphi$ zu arbeiten. Wenn man mit konstantem $\cos\varphi$ arbeitet, führt der PFR bei Erhöhen der Wirkleistung auch zu einer proportionalen Erhöhung der vom Drehstromgenerator erzeugten VAR. Wenn man hingegen mit konstanten VAR arbeitet, verhält sich der PFR so, dass bei Erhöhung der Maschinenwirkleistung der $\cos\varphi$ progressiv steigt.

Der PFR wirkt auf den elektronischen Regler des Drehstromgenerators ein und muss daher fachgerecht angeschlossen sein. Der Einsatz (Abbildung 3.1.2) der "Parallelschaltvorrichtung" ist zudem wichtig, weil so der von der Anlage erzeugte Strom gemessen werden kann und entsprechende Anbindungen die Maschinenspannung ermitteln.

Mittels so generierter Strom- und Spannungssignale ist der PFR in der Lage, die Wirk- und Blindkomponenten sowie den Phasenwinkel des erzeugten Stroms zu messen.

Die Wirkkomponente steht im proportionalen Verhältnis zur Wattzahl, während die Blindkomponente proportional zu den VAR ist.

Wenn die Einrichtung die Blindstromüberwachung übernimmt, wird diese mit einem internen Bezugssignal verglichen: es wird ein Fehlersignal generiert, das auf den Spannungsregler einwirkt und so die Erregung des Drehstromgenerators ändert.

3) THE POWER FACTOR REGULATOR (PFR)

3.1) Description

The PFR manufactured by Mecc Alte is a device which, coupled with a SR7 or UVR6 electronic voltage regulator, provides to keep the reactive current (reactive volt amperes or VARs) or the phase angle φ under control among the main components of both voltage and current (excluding harmonic ones) which is to say the $\cos\varphi$ of one of the three phases of the synchronous generators operating in a network parallel - thus allowing the usage of the above-mentioned systems under best performance conditions. Such control is necessary in that any variation in the network voltage could cause wide and often intolerable variations in the VARs supplied by the machine. In fact, it is well known that the reactive power does not correspond to the power destined to the network; on the contrary, it causes additional losses on the machine itself.

However, all electric energy systems usually require a certain amount of reactive energy, producing a power diagram such as the one in picture 3.1.1.

From this diagram it can be seen that the apparent power, which defines the extent of the machine usage, does not normally coincide with the available power, i.e. the active power; rather, the former is actually higher than the latter, unless the VARs are void and the $\cos\varphi$ equals one. It is most convenient therefore to operate in a way so as to restrict as much as possible the VARs exchanged with the network, in accordance with the contractual obligations set out by the network's operator.

It should be reminded that the extent of the active power generated by the machine (measured in Watts) depends solely on the torque applied to the prime mover's shaft which generates it (piston, turbine or hydraulic motors). By regulating the prime mover, the generator's active power is consequently regulated as well.

Depending on the situation, a constant VAR operation or a constant $\cos\varphi$ operation can be more suitable. When constant $\cos\varphi$ operation is preferred, if the active power increases, then the PFR causes a proportional increase in the VARs created by the generator. If constant VAR operation is chosen instead, the PFR operates in such a way that, as the machine's active power increases, the $\cos\varphi$ gradually increases as well.

Since the PFR acts on the generator's electronic regulator, the former has to be suitably connected to the latter. Either the Parallel Device, allowing detection of the current generated by the machine, or other suitable connections able to detect the machine's voltage, are also necessary (picture 3.1.2).

By means of the current and voltage signals thereby obtained, the PFR is able to measure the active and reactive components and the phase angle of the current generated.

The active component is proportional to the watts, whereas the reactive component is proportional to the VARs.

When the device operates under control of the reactive current, the latter is compared to an internal sensing signal; subsequently, an error signal is produced which, by acting on the voltage regulator, modifies

Wenn hingegen in Überwachung mit konstantem $\cos\phi$ betrieben wird, werden die Spannungs- und Stromsignale entsprechend bearbeitet und schließlich mit einem internen Bezugssignal verglichen; das erzeugte Korrektursignal wirkt auf den Spannungsregler und somit auf die Erregung des Generators.

Die Einrichtung ermöglicht dank des externen Anschlusses der Klemmen 5-6, der auch an einem Hilfskontakt des parallel mit dem Netz angeschlossenen Schalters vorgenommen werden kann, den Betrieb nur bei eingeschaltetem Schalter, ansonsten ist allein die Regulierung der Leerlaufspannung möglich. Schließt der Kontakt während der Synchronphase, die der Schließung der Parallelschaltung vorangeht, stabilisiert der PFR die Spannungen zwischen den Klemmen 1-0 und 1-2; da zudem die Leerlaufspannung der Generatoren exakt der Netzspannung in Synchronphase entspricht, kann eine Parallelschaltung im Netz ohne stark transiente Blindströme durchgeführt werden. Für diese Betriebsart ist es wichtig, den richtigen Netzanschluss des PFR zu gewährleisten (siehe Absatz 3.2, Abschnitt C).

When, instead, the device operates under control of a constant $\cos\phi$, the voltage and current signals are suitably processed and eventually compared to an internal sensing signal: the error signal generated - if any - acts on the voltage regulator and therefore on the generator's excitation.

Through the external connection of terminals 5 and 6 which can be carried out by means of an auxiliary contact of the network parallel switch, the device operates only when the switch is on; on the contrary, only the adjustment of the voltage in a no-load condition is possible. By turning off this contact during the synchronism phase previous to the closing of the parallel, the PFR equalizes the voltages between terminals 1-0 and 1-2, thus allowing the generators' voltage to steadily follow, in a no-load condition, the network voltage during the synchronism phase; it also allows the network parallel to be carried out without any strong transitory circulation currents. For this kind of operation, through a suitable wiring, the PFR must be connected to the sensing of the network voltage (see par. 3.2, section C).

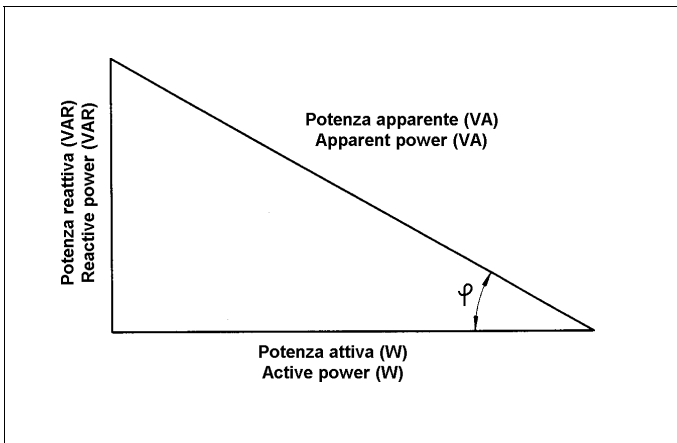


fig. 3.1.1

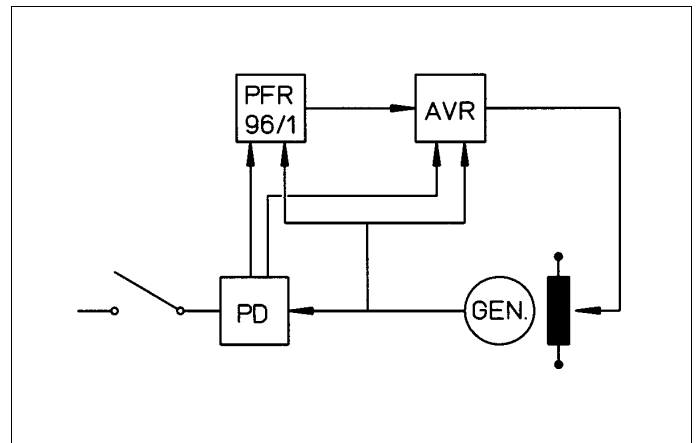


fig. 3.1.2

Fall case	zustand des parallelen Netzschalters <i>state of the parallel network switch</i>	Zustand der Verbindung der Klemmen 5-6 des PFR <i>state of the contact between terminals n°5 and 6 of the PFR</i>	Bedienungseigenschaften der PFR <i>Types of operation of the PFR</i>
A	ein <i>on</i>	ein <i>on</i>	in Gegenkopplung zu konstantem Blindstrom <i>constant reactive current feedback</i>
B	ein <i>on</i>	ein <i>on</i>	in Gegenkopplung zu konstantem $\cos\phi$ (nur bei Wirkleistung höher als 20% der Nominalleistung) <i>constant $\cos\phi$ feedback (only in the case of an active power higher than 20% of the nominal one)</i>
C	aus <i>off</i>	ein <i>on</i>	in Gegenkopplung zur Netzphase bei Synchronisierung <i>network voltage feedback during the synchronism phase</i>
D	aus <i>off</i>	aus <i>off</i>	Fernspannungsregler <i>remote voltage regulator</i>
E	ein <i>on</i>	aus <i>off</i>	nicht vorgesehen <i>not provided for</i>

tab. 3.2.1

Eine automatische Parallelschaltung wird selbst bei Netzen mit stark schwankender Spannung möglich, wenn man sie an eine Phasengleichlaufeinrichtung koppelt.

Der PFR arbeitet ebenfalls einwandfrei in einem Netz ohne PEN mit einem in Stern- oder Dreieckschaltung angeschlossenen Generator, bei manueller oder automatischer Parallelschaltung. Er ist mit Meldungen ausgestattet, die die Bedienung so einfach wie möglich machen.

3.2.) Technische Eigenschaften

Der PFR ist in einem Standardgehäuse eingebaut (Bohrloch gem. DIN 43700) und ermöglicht eine einfache Montage (Fronttafeleinbau). Die Versorgung wird direkt von der Phase des Synchrongenerators geliefert. Sollte dieser ein Typ mit 12 Wicklungsenden und in Sternschaltung angeschlossen sein so wird es unumgänglich sein, um die vom PFR vorgegebene Mindestspannungsgrenze einzuhalten, sich auf die Verdrahtung gem. Fall 1 der Tabelle 2.1 zu beziehen, d.h. einphasiger Anschluss (mit Polbrücken wenn der Regler dreipolig ist) zwischen Ausgangsklemme und Sternpunkt (statt Halbphase wie von der Standardverdrahtung vorgesehen).

Auf der Frontseite befinden sich drei Potentiometer, eines für die Kalibrierung der Leerlaufspannung, ein zweites für die Regulierung des gewünschten Blindstroms, das dritte für die Einstellung des gewünschten $\cos \varphi$. Die Kalibrierung der Potentiometer sollte nur dann durchgeführt werden, wenn die entsprechende LED eingeschaltet ist, ansonsten findet keine Regulierung statt.

Die Einhaltung der vorgewählten Größenordnung wird von einer Gleichspannung zwischen 4 und 12 Volt überwacht, die den internen Bezug verlagert, wenn sie zwischen Ausgangsklemme 7 des PFR und der Klemme des Fernpotentiometers des AVR angeschlossen ist und somit die Erregung des Synchrongenerators steuert.

Eine Änderung der Erregung hat unterschiedliche Wirkungen, je nachdem, ob der Generator ans Netz angeschlossen ist oder nicht. Im ersten Fall wird die Spannung der Maschinenklemmen vom Netz vorgegeben, was einer Änderung des Blindleistungsflusses entspricht; im zweiten Fall werden sowohl die Wirk- als auch die Blindleistung von der Last festgelegt, so dass es zu einer Änderung der Klemmenspannung in der Maschine kommt. Die Gleichspannung ist zwischen Klemme 7 und Masse (1, 4, 5 oder 8) des PFR messbar. Die Systemregelung kann überprüft werden: - wenn die Steuerspannung auf 4 Volt sinkt (bzw. auf 12 Volt steigt), neigt der PFR dazu, den Generator zu übererregen (untererregen), im Gegensatz zu dem, was geschehen würde, wenn nur die PD installiert wäre. Die Auswirkungen wurden bereits beschrieben.

Die Betriebsmöglichkeiten des PFR sind in Tabelle 3.2.1 auf Seite 11 zusammengefasst.

A-B) bei paralleler Netzanbindung und mit geschlossenem Kontakt zwischen den Klemmen 5 und 6, ermöglicht ein auf dem PFR angebrachter Schalter, zwischen den Betriebsarten A und B bzw. dem gewünschten Modus umzuschalten.

Coupled with a phase synchroniser, this allows an automatic parallel even with networks having very unsteady voltage.

The PFR correctly operates also in the case of a network deprived of neutral with a star-connected or a delta-connected generator, in the case of either manual or automatic parallel; it is equipped with suitable signalling that makes it as much user-friendly as possible.

3.2.) Technical specifications

The PFR is manufactured within a standard case (DIN 43700 drilling) allowing for easy installation on the control panel.

Feed is supplied directly from the phase of the synchronous generator: if, therefore, the generator were to be a 12 cable star-connected generator, in order to comply with the minimum voltage limit set by the PFR, the wiring relative to case No. 1 in Table 2.1. should then be referred to; besides, the single-phase sensing (with jumpers if the generators are supplied with a three-phase sensing) will be used and connected between the output terminal and the star point (and not to the half-phase as provided for by the standard wiring).

On the front of the PFR there are three potentiometers: one for the calibration of the voltage in a no-load condition, one for the adjustment of the reactive current desired, and one for the adjustment of the desired $\cos \varphi$. The potentiometers' calibration has to be carried out only when the relevant red LED is on; otherwise the adjustment will have no effect.

The control of the parameter chosen is carried out through a continuous voltage comprised between 4 and 12 Volts which, from the output terminal No. 7 of the PFR which is connected to the terminal of the AVR's remote potentiometer, shifts the internal sensing and therefore drives the synchronous generator's excitation.

A variation in the excitation has different effects depending on whether the generator is connected to the network or not. If it is, the machine's terminal voltage is set by the network and the effect is a variation in the flow of the reactive power; if it is not, the active and reactive power are both set by the loads, and therefore a variation in the machine's terminal voltage will take place. The control continuous voltage can be measured by means of a voltmeter between terminal No. 7 and the ground (1,4,5 or 8) of the PFR. The functioning of the system can be checked by considering that, if the control voltage decreases down to 4 Volts (or increases up to 12 Volts), the PFR will tend to over(under)excite the generator, which it would not in case the sole PD were to be installed, with the above-mentioned consequences.

The PFR's different types of operation are summarised in the Table 3.2.1. page 11.

A-B) In a network parallel condition where the contact between terminal 5 and 6 is on, a switch on the board allows the selection of the desired procedure between either A or B. If the torque supplied, namely the active power supplied, is void, the $\cos \varphi$ cannot be measured. In such a case, if procedure B is chosen, this will automatically switch to proce-

Sollte das erzeugte Drehmoment bzw. die Wirkleistung gleich null sein, so ist der $\cos \varphi$ nicht messbar. Wenn Betriebsart B eingestellt ist, erfolgt in diesem Fall eine automatische Umschaltung von Betriebsmodus B auf A, sobald der Strom des Wechselstromgenerators auf 10% der Nennstromleistung sinkt; ähnlich erfolgt ein Wechsel von Betriebsmodus A auf B, sobald der Strom des Wechselstromgenerators auf über 20% des Nennstroms steigt. Der aktive Bedienmodus wird durch das Signal der entsprechenden LED angezeigt.

- C) Dieser Bedienmodus tritt ein, sobald sich der Kontakt zwischen den Klemmen 5 und 6 noch vor Parallelbetrieb schließt; zudem wird er bei stark schwankenden Netzspannungen bevorzugt, wenn die Gleichlauf-einrichtung die Parallelschaltung verhindert. In dieser Phase regelt der PFR die Erregung des Wechselstromgenerators, so dass seine Spannung der des Netzes entspricht. Sobald der Parallelschalter geschlossen ist, wechselt der PFR automatisch zu Betriebsmodus A oder B.

Um diese Eigenschaft nutzen zu können, ist es wichtig, die Klemme 2 des PFR an der gleichen Phase der Netzspannung anzuschließen, welche auch zur Messung für den AVR verwendet wird. Nimmt man L1-N im Falle eines sternförmigen Anschlusses und L1-L2 im Falle eines Dreiecksanschlusses an, so führt man die richtige Verdrahtung unter Berücksichtigung der folgenden Bedingungen durch:

- 1 wenn der Nulleiter fest am Sternpunkt angeschlossen ist: Phase L1 an Klemme 2 des PFR anschließen;
- 2 bei Netzen mit isoliertem oder unterbrochenem Nulleiter und im Stern angeschlossenen Generator: es sind zwei Transformatoren mit einem Verhältnis 3:1 erforderlich, deren Primärwicklungen entsprechend an L1-L2 und L1-L3 und deren Sekundärwicklungen mit einem Ende an die Sternmitte des Generators und mit dem anderen Ende an Klemme 2 des PFR angeschlossen sind. Die seriell entstandene Spannung entspricht $(V_{1-2} + V_{1-3})/3 = V_{L1}$
- 3 mit isoliertem Nulleiter und im Dreieck angeschlossenen Generator: es ist ein Transformator mit einem Verhältnis 1:1 erforderlich, dessen Primärwicklung zwischen L1-L2 und dessen Sekundärwicklung zwischen Sternmitte des Generators und Klemme 2 des PFR angeschlossen sind.

Die Trenntransformatoren, die in den Fällen 2 und 3 eingesetzt wurden, müssen eine Leistung von min. 20 VA aufweisen. Eine Überprüfung der Transformatoren und der Verdrahtung wird durch die provisorische Änderung der Hauptanschlüsse - wie in 2 und 3 beschrieben - auf die Generatorseite ermöglicht; so kann die Wechselspannung zwischen den Klemmen 0-2 des PFR mit dem Generator in Leerlauf vorgenommen werden; ist diese gleich null, ist alles in Ordnung, liegt sie bei einigen Volt, so ist die

cedure A when the generator's current drops below 10% of the nominal current; likewise, procedure A will switch to procedure B when the generator's current rises up to and beyond 20% of the nominal current.

The selected procedure of operation is marked by the switching on of the relevant LED.

- C) This procedure is carried out by turning on the contact between terminals 5 and 6 before the paralleling is done; it is most suitable for networks characterised by sudden changes in the voltage such as to prevent the synchroniser's consensus to the parallel. During this phase the PFR regulates the generator's excitation so as to adjust its voltage to the network's. Once the network parallel switch has been turned on, the PFR automatically switches either to procedure A or B.

To make use of this particular characteristic, terminal No. 2 of the PFR has to be supplied with the voltage sensing belonging to that particular network phase which corresponds to the generator's phase used as a sensing for the AVR. If we are to suppose that the latter is L1-N in the case of a star-connection, and L1-L2 in the case of a delta-connection, the correct wiring carried out will depend on the following conditions:

- C1) the neutral is permanently connected to the star point: we just need to make a connection between phase L1 (network side) and terminal 2 of the PFR;
- C2) the networks show either an insulated or an openable neutral and a star-connected generator: in this case two transformers with a 3:1 ratio are necessary, also having primary windings respectively connected between L1-L2 and L1-L3, and series-connected secondary windings with one end connected to the generator's star point and the other to terminal 2 of the PFR. The voltage produced on the series is $(V_{1-2} + V_{1-3})/3 = V_{L1}$
- C3) the networks have an insulated neutral and a delta-connected generator: in this case a transformer with a 1:1 ratio is necessary, also having a primary winding connected between L1-L2 and a secondary winding between the generator's star point and terminal 2 of the PFR.

The insulation transformers used in case C2 and case C3 are to have a power which must not be inferior to 20 VA. Overall control of both transformers and wiring can be made by temporarily shifting the primary windings' connections as described in C2 and C3 towards the generator's side, while measuring the alternating voltage of terminals 0-2 of the PFR while the generator is in a no-load condition: if void, then everything is correct; if it amounts to just a few volts, then the wiring is correct but the transformers are inaccurate; if the voltage has a value comprised between 50% and 200% of V_{L1-N} , the wiring is certainly wrong.

Verdrahtung richtig, doch die Transformatoren sind zu ungenau; liegt ihr Wert zwischen 50% und 200% von V L1-N, ist die Verdrahtung falsch.

- D) In diesem von der Kontaktöffnung zwischen den Klemmen 5-6 gesteuertem Modus ermöglicht der PFR eine Fernregulierung der vom Wechselstromgenerator erzeugten Spannung; dies erlaubt die manuelle Angleichung der Spannung des Wechselstromgenerators an die des Netzes. Diese Einstellung kann allerdings einzig und allein für die Feinkalibrierung verwendet werden; die Hauptkalibrierung muss (innerhalb weniger %) am Spannungsregler des Generators vor Anschluss des PFR vorgenommen werden.

IAuf der Vorderseite des PFR befinden sich zwei rote LEDs: "regelt nicht" und "inverse Leistung". Die LED "regelt nicht" leuchtet auf, sobald die Netzspannung von der Nennspannung des Wechselstromgenerators um +15% oder -10% abweicht, d.h. wenn der Wechselstromgenerator in Übererregung ist oder wenn der Blindstrom zu groß wird. Die LED "inverse Leistung" leuchtet auf, sobald der Generator Wirkleistung vom Netz aufnimmt, d.h. wenn der Motorantrieb keine Leistung mehr erzeugt und der Wechselstromgenerator als Motor arbeitet. Diese Anzeige leuchtet ebenfalls auf, wenn das Stromsignal der PD an die Klemmen 3-4 des PFR umgekehrt angeschlossen ist.

Anmerkung: der PFR bietet bei Fehlfunktionen des Drehstromgenerators, des Hauptmotors, der Last oder bei Funktionsstörungen des PFR keinen Schutz an. Das System muss daher mit allen Schutzeinrichtungen ausgestattet sein, die dem neuesten Stand der Technik und den geltenden Vorschriften gerecht werden.

- D) During this procedure, led by the turning off of the contact between terminals 5-6, the PFR allows remote regulation of the voltage generated by the generator; its purpose is to manually adjust the generator's voltage to the network's voltage with the utmost precision. This regulation is to be used solely for fine calibration; the main regulation (within few % points) must be carried out on the generator's voltage regulator before connecting to the PFR

On the front of the PFR there are two red LEDs: the 'out of range' LED and the 'reverse power' LED.

The 'out of range' LED is on when the network voltage differs from the generator's nominal voltage by +15% or -10%, when the generator is overloaded, or when the reactive current is too large. The 'reverse power' LED turns on when the generator absorbs active power from the network, that is to say when the run motor does not supply any power and the generator operates as a motor. This signal is also on when the current's signal coming from the PD is connected to terminals 3 and 4 of the PFR though in the opposite direction.

NB.: The PFR does not supply any sort of protection in the case of malfunctions in the generator, prime mover or load, or malfunctions signalled by the PFR's LEDs. The system is therefore to be equipped with state-of-the-art protection devices in compliance with the regulations in force.

3.3) Technische Daten des PFR

3.3.) PFR technical Data

Spannungs-Signal VOLTAGE SIGNAL		
Spannung / <i>Voltage</i>	170 ÷ 270 Volt	
Frequenz / <i>Frequency</i>	50 ÷ 60 Hz	
Phase / <i>Phases</i>	einphasig / <i>single-phase</i>	
Leistung / <i>Power</i>	15 VA	
Sicherung / <i>Fuse</i>	100 mA	
Strom-Signal CURRENT SIGNAL		
Spannung / <i>Voltage</i>	14 ÷ 18 Vac bei Nominalstrom <i>/ at nominal current</i>	
Frequenz / <i>Frequency</i>	50 ÷ 60 Hz	
Phase / <i>Phases</i>	einphasig / <i>single-phase</i>	
Leistung / <i>Power</i>	0.5 VA	
Ausgangs-Signal OUTPUT SIGNAL	0 ÷ 17 Vdc auf 100kΩ	
Regelbereich REGULATION FIELD	Vollausschlag linksdrehend <i>anticlockwise full-scale</i>	vollausschlag rechtsdrehend <i>clockwise full-scale</i>
Potentiometer Spannung <i>Voltage potentiometer</i>	-10% der Ausgangsspannung des Generators <i>-10% of the generator's output voltage</i>	+10% der Ausgangsspannung des Generators <i>+10% of the generator's output voltage</i>
Potentiometer cosφ <i>Cosφ potentiometer</i>	0.75 kapazitiv <i>leading 0.75</i>	0.35 induktiv <i>inductive 0.35</i>
Potentiometer Blindstrom <i>Reactive current potentiometer</i>	15% des nominalen Blindstroms-kapazitiv <i>15% of nominal current - leading</i>	110% des nominalen Blindstroms-induktiv <i>110% of nominal current-inductive</i>
Genauigkeit des Blindstroms ACCURACY OF REACTIVE CURRENT		
mit konstantem cosφ / <i>with constant cosφ</i>	±4% des Nominalstroms <i>±4% of nominal current</i>	
mit konstantem blindstrom / <i>with constant reactive current</i>	±4% des Nominalstroms <i>±4% of nominal current</i>	
Betriebstemperatur OPERATION TEMPERATURE	-25 ÷ +70 °C	
Montage / ASSEMBLY	Fronttafel / <i>on panel</i>	
Gehäuse / FINISHINGS	Box aus weißem eloxierten Aluminium, Rahmen aus schwarzem Kunststoff, schwarze Siebdruckbeschriftung <i>White anodised aluminium case, black plastic frames, black screen printed inscriptions</i>	
Gewicht / WEIGHT	0.570 Kg	

4) GRUNDVORAUSETZUNGEN FÜR DIE PARALLEL-SCHALTUNG

Für den stabilen Parallelbetrieb von zwei oder mehreren Drehstromgeneratoren müssen diese mit einem Dämpferkäfig zur Reduzierung der Schwankungen ausgestattet sein.

Der wichtigste Aspekt bei der Parallelschaltung von Drehstromgeneratoren ist die Einhaltung der Synchronität. Vor Durchführung der Parallelschaltung von zwei oder mehreren Drehstromgeneratoren müssen diese synchronisiert werden und folgende Grundvoraussetzungen einhalten:

- 1) alle Geräte müssen die gleiche Frequenz haben
- 2) alle Geräte müssen die gleiche Phase haben
- 3) alle Geräte müssen die gleiche Spannung haben
- 4) alle Geräte müssen die gleiche Phasen-Drehrichtung haben.

Die Nichteinhaltung dieser Bedingungen kann zu mechanischen und elektrischen Schäden an den unterschiedlichen Komponenten der Anlage führen. Die minimale Gerätegrundausrüstung für den Parallelbetrieb sieht vor:

- 1) ein Amperemeter
- 2) ein Wattmeter
- 3) ein Rückleistungsrelais
- 4) ein Voltmeter
- 5) ein Frequenzmesser
- 6) einen Phasenvergleichler (Synchronoskop)

4) PRELIMINARY CONDITIONS FOR PARALLELING

In order to allow two or more generators to steadily operate in parallel, they must be equipped with a damping cage to reduce oscillations.

The most important feature in the paralleling of generators is correct synchronism. Before proceeding on to the paralleling of two or more generators, these must be synchronised and the following important conditions should be observed:

- 1) all systems should have the same frequency
- 2) all systems should have the same phase
- 3) all systems should have the same voltage
- 4) all systems should have the same phase rotation

Were these conditions not to be met, mechanical and electrical damages to the system components could occur. For a paralleling operation to be carried out, the following equipment is required:

- 1) an ammeter
- 2) a wattmeter
- 3) a reverse power backup relay
- 4) a voltmeter
- 5) a frequency counter
- 6) a synchroscope

5) ÜBERPRÜFUNG DER PARALLELSCHALTUNG BEI ELEKTRONISCH GEREGLTEN DREHSTROM-GENERATOREN

5.1) Parallelschaltung von Generatoren im Inselbetrieb

5.1.1) Überprüfung der PD-Verdrahtungen

Die Parallelschaltung läuft stabil, wenn die PD richtig angeschlossen wurde. Der Austausch von Blindstrom zwischen den Drehstromgeneratoren hängt in diesen Fall ausschließlich von den folgenden zwei Faktoren ab:

- a) Unterschied bei der voreingestellten Spannung der Drehstromgeneratoren
- b) Ausgangsspannung der Nebenspule der PD

Überprüfung der Verdrahtung für jeden Drehstromgenerator in Übereinstimmung mit der zugehörigen Schemazeichnung. Insbesondere sollte auf folgendes geachtet werden (siehe Tab. 5.2):

5.1.1.a) der PD-Kern muss von einem Kabel durchlaufen sein, **dessen Leistungsphase dem Messanschluss** des AVR entspricht; ist der Anschluss dreiphasig, ist die richtige Phase jene, die seriell an die PD-Nebenspule angeschlossen ist.

5.1.1.b) die Spulen der PD (gelb-rot-grün-schwarz) müssen **Durchgang** gewährleisten

5.1.1.c) die Sekundärspule der PD muss in Reihe zwischen der Leistungsklemme und dem Eingang zum AVR an das grüne Spannungskabel angeschlossen sein;

5.1.1.d) die eventuell vorhandene **Brücke**, welche die Nebenspule der PD (zwischen 0 und 1 des UVR6 oder auf separatem Klemmbrett mit SR7) kurzschließt, **muss entfernt werden**.

5.1.2) Einschalten der Stromaggregate

5.1.3) Die Leerlaufspannung der Generatoren auf den **gleichen Wert** mittels Potentiometer "VOLT" des AVR einstellen.

5.1.4) Die Konstanz der Generatoren mittels Potentiometer "STAB" des AVR regulieren, indem man es nach links dreht, bis keiner der Generatoren Schwankungen in der Leerlaufspannung erzeugt.

5.1.5) Folgende Prüfungen durchführen:

5.1.5.a) **Anzahl der Windungen der Leistungswicklung und der Luftspalt**: sie müssen gem. Tabelle 5.1 übereinstimmen; bei Fehlen von Vergleichsgrößen muss die Anzahl der Windungen ermittelt werden, indem man bei **Nennstrom** am Sekundärspulenausgang der PD die Spannung gem. Tabelle 2.1 misst.

5) PARALLEL CHECKING WITH ELECTRONICALLY-REGULATED GENERATORS

5.1) Parallel with like machines

5.1.1) Check wirings with a PD

The parallel must operate in a stable way with the PD properly installed. In this case, the reactive current interchange between generators will wholly depend on the following two factors:

- a) a difference between the generator's voltages
- b) the PD secondary coil's output voltage

Check that each generator's wiring complies with the chart used; besides, the following points should be especially checked (see table 5.2) :

5.1.1.a) the PD's core must be crossed over by the cable belonging to **the same power-phase used as the AVR's voltage sensing**; if we have a three-phase sensing, then the correct phase is the one in which the sensing is connected in series to the PD's secondary coil.

5.1.1.b) The PD's coils (yellow-red-green-black) must assure **continuity**

5.1.1.c) The PD's secondary coil must be connected in series between the power terminal and the AVR's input to the green wire of the voltage sensing;

5.1.1.d) Were there a **jumper** short-circuiting the PD's secondary coil (between 0 and 1 of the UVR6 or on a separate terminal board with SR7), then the jumper **must be removed**

5.1.2) Turn on the generator sets

5.1.3.) Adjust the generators' no-load voltages to a **single parameter** by means of the AVR's "VOLT" potentiometer .

5.1.4) Adjust the generators' stability by means of the AVR's "STAB" potentiometer by turning it anti-clockwise until no generator, at no-load condition, produces voltage oscillations.

5.1.5) Carry out the following inspections:

5.1.5.a) **Number of turns of the power winding and of the air gap**: these must coincide with what stated in the table 5.1; if definite data are not available, the number of turns should be such that, in a condition of **nominal current**, the voltage indicated in table 2.1 must then be measured at the PD's secondary coil output.

5.1.5.b) **Direction of the power winding**: apply an inductive load of at least $0.5 \times P_n$ to the generator's terminals; in this situation, and with a nominal load and an inductive $\cos \varphi = 0$, by short-circuiting the PD's secondary coil the terminal voltage should increase proportionally to the applied load up to a maximum of 4%.

5.1.5.b) **Richtung der Leistungswicklung:** an die Klemmen des Drehstromgenerators wird eine induktive Last von mindestens $0,5 \times P_n$ angelegt; nach Kurzschließen der PD-Sekundärspule muss die Klemmenspannung proportional zur Last steigen, bis zu einem Höchstwert von 4% bei einer Nennlast $\cos \varphi = 0$ induktiv.

Tritt das Gegenteil ein, muss die Durchflussrichtung des Leistungsstroms der PD umgekehrt werden (Anmerkung: es ist ebenfalls möglich, die Ausgangsklemmen der PD-Sekundärspule umzukehren, doch in diesem Fall wäre eine Umkehrung aller anderen eingesetzten PD-Spulen erforderlich).

Anmerkung: schließt man die PD im Parallelbetrieb falsch an, führt dies zu einem instabilen Verhalten, was wiederum sekundenlang einen weit höheren Blindstrom als den Nominalstrom erzeugen kann. Deshalb muss man auf die schnelle Trennung des Stromkreises vorbereitet sein (siehe Absatz 2, Anmerkung 2.1), wenn man den Parallelbetrieb ohne jegliche Überprüfung (5.1.5.b) durchführen möchte.

5.1.6) Parallelbetrieb unter Einhaltung der normalen Vorgehensweise.

Weist der Strom erhöhte oder instabile Werte auf, kann eine der folgenden Ursachen vorliegen:

5.1.6.a) Drehmomentschwankungen des Wärmemotors. Diese Störung wird durch die Wattmesser im Feld angezeigt; in diesem Fall sollte auf die statische Beschaffenheit des Motors eingewirkt oder der Hersteller informiert werden.

5.1.6.b) Fehler bei der Verdrahtung oder bei der Kalibrierung der Potentiometer. In diesem Fall ist einer der vorherigen Tests nicht richtig durchgeführt worden und es ist daher erforderlich, diese zu wiederholen.

5.1.7) Anwendung der maximal verfügbaren Last innerhalb der Grenzwerte eines jeden Generators. Das Verhältnis zwischen der Wechselspannung der Eingänge der PD-Sekundärspule und der entsprechenden Bezugsspannung des Reglers muss so einheitlich wie möglich sein. Dies ermöglicht eine korrekte Bemaßung der PD-Wicklung und folglich eine gleichmäßige Verteilung der Blindleistung auf die Lasten der Parallelgeneratoren.

5.2) Parallelschaltung mit Netz

Überprüfung der PD-Verdrahtungen

Ohne wesentliche Schwankungen der Netzspannung, muss die Parallelschaltung auch nur mit PD stabil betrieben werden können; diese sollte selbst bei Fehlen des PFR richtig angeschlossen sein. Der Austausch von Blindstrom zwischen Wechselstromgenerator und Netz hängt in diesem Fall ausschließlich von den folgenden zwei Faktoren ab:

- a) Unterschied zwischen der am Wechselstromgenerator voreingestellten Spannung und der Netzspannung
- b) Ausgangsspannung der gelb-roten PD-Nebenspule

If the opposite were to occur, the direction followed by the power current in crossing the PD must be inverted. (N.B.: the PD's secondary coil output terminals can also be inverted, but in such a case the PD's other coils - if used - must also be inverted).

N.B.: A wrong connection of the PD during the parallel entails unstable behaviour which may give rise in a few seconds' time - to a reactive current much higher than the nominal one. Therefore, if you intend to carry out a paralleling without a preliminary inspection (5.1.5.b), then you must be ready to open the circuit with the utmost rapidity (see par. 2, note 2.1).

5.1.6.) Carry out the paralleling by following the standard procedures.

If the current has very high or unstable values, the cause can be one of the following:

5.1.6.a) Torque oscillation of the thermal engine. This drawback is detected by the displaying of the wattmeters on the board. If this is the case, either act on the engine's ability or contact the manufacturer;

5.1.6.b) Error in the wiring or potentiometers' calibration. If this is the case, it means that one of the previous inspections has not been properly carried out and therefore they must all be carried out once again.

5.1.7.) Apply the maximum load available within the limit of each generator. The ratios between the alternating voltage measured at the PD's secondary coil ends, and the regulator's relevant sensing voltage, must be as homogeneous as possible. This allows correct sizing of the PD's winding and, as a consequence, a homogeneous distribution among the generators of the reactive power required by the loads.

5.2. Network Parallel

Check wirings with a PD

If no variations in the network voltage are present, the parallel must operate in a stable way with the sole PD properly installed even if the PFR is missing. In this case, the reactive current interchange between generator and network will wholly depend on the two following factors:

- a) a difference between the generator's voltage and the network's voltage
- b) the PD yellow-red coil's output voltage

5.2.1.) De-activate the PFR by interrupting the connection between terminal 7 of the PFR (output terminal of the control signal) and the UVR6 or the

- 5.2.1) Den PFR deaktivieren, indem der Anschluss zwischen Klemme 7 des PFR (Ausgangsklemme des Steuersignal) und dem UVR6 oder SR7 unterbrochen wird.

Anmerkung: Um den PFR zu deaktivieren ist es nicht ausreichend, allein die Anbindung zwischen den Klemmen 5 und 6 des PFR zu öffnen; in diesem Fall arbeitet er dank des "VOLTAGE" Potentiometers wie ein Fernspannungsregler.

- 5.2.2) Überprüfung der Verdrahtung in Übereinstimmung mit der verwendeten Schemazeichnung. Insbesondere sollte auf folgendes geachtet werden (siehe Tabelle 5.2) :

5.2.2.a) der **Spannungsanschluss** mit dem UVR6 sollte **einphasig** sein, so dass die Anschlusskabel zwischen den Leistungsklemmen des Drehstromgenerators und den Klemmen 3, 4, 5, 6 des UVR6 - falls vorhanden - vom UVR6 getrennt und isoliert werden. Die Klemmen 2, 4, 6 des UVR6 müssen hingegen untereinander mit entsprechenden Brücken angeschlossen werden, das Gleiche gilt für die Klemmen 1, 3, 5 des UVR6;

5.2.2.b) der PD-Kern muss von einem Kabel durchlaufen sein, **dessen Leistungsphase dem Messanschluss des AVR entspricht**;

5.2.2.c) die Spulen der PD (gelb-rot-grün-schwarz und weiß-blau-schwarz) müssen **Stromdurchgang** gewährleisten;

5.2.2.d) die gelb-rote Spule der PD muss seriell an das grüne Spannungskabel des AVR angeschlossen sein.

5.2.2.e) die eventuell vorhandene **Polbrücke**, welche die gelb-rote Spule der PD (zwischen 0 und 1 des UVR6 oder auf separatem Klemmbrett mit SR7) kurzschließt, **muss entfernt werden**.

5.2.2.f) die Messspannung des AVR muss mit der Spannung Phase-Nullleiter des Netzes übereinstimmen, so dass das grüne **Anschlußkabel** an das Kabel des **Hauptausganges** und nicht auf den in Reihe geschalteten Halbphasen angeschlossen wird, so wie bei der Standardverdrahtung von Wechselstromgeneratoren mit 12 Kabeln in Sternschaltung.

- 5.2.3) Einschaltung des Generatoraggregats

- 5.2.4) Die Generatorspannung auf den **gleichen Wert der Netzspannung** mittels Potentiometer "VOLT" des AVR einstellen.

- 5.2.5) Die Stabilität des Generators auf den **maximalen Wert** mittels Potentiometer "STAB" einstellen, in dem man es vollständig nach links dreht.

- 5.2.6) Folgende Prüfungen durchführen: am PFR:

5.2.6.a) Mit einem AC Spannungsmesser müssen die Spannungen zwischen den Klemmen 0-1 und 1-2 identisch sein und gleich der Phase-Null Spannung des Netz. Die Spannung zwischen 0-2 muss gleich Null sein (wenn der Generator synchron mit dem Netz arbeitet); andernfalls deutet dies auf einen Verdrahtungsfehler hin.

N.B.: In order to de-activate the PFR, the mere opening of the connection between terminals 5 and 6 of the PFR is not enough in that, in this case, the PFR only operates as a remote voltage regulator through the 'voltage' potentiometer .

- 5.2.2.) Check that the wiring complies with the diagram used; in particular, the following points should also be checked (see table 5.2) :

5.2.2.a) The UVR6 voltage **sensing** must be **single-phase**: therefore the sensing cables among the generator's power terminals and terminals 3,4,5,6 of the UVR6 - if present - are to be disconnected from the UVR6 itself and insulated. Terminals 2,4,6 of the UVR6 must be connected one to the other with adequate jumpers, as must be terminals 1,3,5 of the UVR6.

5.2.2.b) The PD's core must be crossed over by the cable belonging to **the same power phase used as the AVR's voltage sensing**;

5.2.2.c) The PD's coils (yellow-red-green-black and white-blue-black) must assure **continuity**;

5.2.2.d) The PD's yellow-red coil must be connected in series to the green wire of the voltage sensing;

5.2.2.e) In the case of a **jumper** short-circuiting the PD's yellow-red coil (between 0 and 1 of the UVR6 or on a separate terminal board with SR7), the jumper **must be removed**;

5.2.2.f) The AVR's sensing voltage must coincide with the network's phase-neutral voltage: the **sensing's** green wire must be connected to the **main output** cable rather than to the in-series connection of the two semi-phases as happens in the standard wiring of 12-cable star-connected generators.

- 5.2.3) Start the generator set

- 5.2.4) Adjust the generator's voltage to the **same parameter of the network voltage** by means of the AVR's 'VOLT' potentiometer.

- 5.2.5) Adjust the generator's stability to the **maximum** by means of the AVR's 'STAB' potentiometer by turning it anticlockwise.

- 5.2.6) Carry out the following inspections: on the PFR:

5.2.6.a) By means of an ac voltmeter, check that the voltages between terminals 0-1 and 1-2 are equivalent and equalling the phase-neutral's voltage. The voltage between 0-2 must be void (if the voltage automatic equalisation between generator and network is used as an option, then such a condition occurs only when the voltages are synchronised); inversely, an error in the wiring has occurred.

An der PD:

5.2.6.b) **Anzahl der Windungen der Leistungswicklung und des Luftpalts:** sie müssen gem. Tabelle 5.1 übereinstimmen; bei Fehlen von Vergleichsgrößen muss die Anzahl der Spiralwindungen ermittelt werden, indem man bei **Nennstrom** am gelb-roten Ausgang eine Spannung von **7÷9 V** misst.

5.2.6.c) **Richtung der Leistungswicklung:** an die Klemmen des Drehstromgenerators wird eine induktive Last von mindestens $0,5 \times P_n$ angelegt; nach Kurzschließen der gelb-roten Spule muss die Klemmenspannung proportional zur Last steigen, bis zu einem Höchstwert von 4% bei einer Nennlast $\cos\varphi=0$ induktiv. Tritt das Gegenteil ein, muss die Durchflussrichtung des Leistungsstroms der PD umgekehrt werden (Anmerkung: es ist ebenfalls möglich, die Ausgangsklemmen der PD-Sekundärspule umzukehren, doch in diesem Fall wäre eine Umkehrung aller anderen eingesetzten PD-Spulen erforderlich).

Anmerkung: schließt man die PD falsch an, führt dies bei Parallelbetrieb zu einem instabilen Verhalten, das wiederum sekundenlang einen weit höheren Blindstrom als den Nennstromwert erzeugen kann. Deshalb muss man auf die schnelle Trennung des Stromkreises vorbereitet sein (siehe Absatz 2, Anmerkung 2.1), wenn man den Parallelbetrieb ohne jegliche Überprüfung (6.b) durchführen möchte.

5.2.7.) Parallelschaltung unter Einhaltung der normalen Vorgehensweise und bei Leerlauf.

Weist der Blindstrom erhöhte oder instabile Werte auf, kann eine der folgenden Ursachen verantwortlich sein:

5.2.7.a) Drehmomentschwankungen des Motors. Diese Störung wird durch das Wattmeter angezeigt; in diesem Fall sollte auf den Drehzahlregler des Motors eingewirkt oder der Hersteller informiert werden.

5.2.7.b) Schwankungen der Netzspannung bei Zuschaltung von Lasten. Dieser Nachteil ist vom erhöhten Wert der Leitungsimpedanz abhängig. Die einzige Abhilfe ist durch die Parallelschaltung eines Wechselstromgenerators mit einer angemessenen Leistung gegeben. Um die Stromschwankungen zu mindern ist es möglich, vorübergehend die Ausgangsspannung der PD zu erhöhen, indem z.B. die Anzahl der Windungen erhöht wird, wobei der korrekte PFR-Betrieb die Einhaltung der nachfolgend angegebenen Spannungsgrenzwerte erfordert;

5.2.7.c) Verdrahtungsfehler. In diesem Fall ist einer der vorherigen Tests nicht richtig durchgeführt worden und es ist daher erforderlich, diese zu wiederholen.

on the PD:

5.2.6.b) **Number of turns of the power winding and of the air gap:** these must coincide with what stated in the table 5.1; if definite data are not available, the number of turns should be such that, in a condition of **nominal current**, the voltage measured at the yellow-red output must equal about **7÷9 V**.

5.2.6.c) **Direction of the power winding:** apply an inductive load of at least $0,5 \times P_n$ to the generator's terminals; in this situation, and with a nominal load and an inductive $\cos\varphi=0$, by short-circuiting the PD's coil, the terminal voltage should increase proportionally to the applied load up to a maximum of 4%. If the opposite were to occur, the direction followed by the power current in crossing the PD must be inverted. (N.B.: the PD's coil output terminals can also be inverted, but in such a case the PD's other coils - if used - must also be inverted).

N.B.: A wrong connection of the PD during the parallel entails unstable behaviour which may give rise - in a few seconds' time - to a reactive current much higher than the nominal one. Therefore, if you intend to carry out a paralleling without a preliminary inspection (6.b), then you must be ready to open the circuit with the utmost rapidity (see par.2, note 2.1).

5.2.7.) Carry out paralleling by following the relevant procedures and keep the thermal engine torque value at zero.

If the reactive current has very high or unstable values, the cause can be one of the following:

5.2.7.a) Torque oscillation of the engine. This drawback is detected by the displaying of the wattmeters on the board. If this is the case, either act on the engine's stability or contact the manufacturer.

5.2.7.b) Variations in the network voltage when an electronic load is inserted. This drawback is due to a high line impedance. The only solution to this problem lies in the paralleling of a generator whose power should be adequate to the load requirement. In order to reduce variations in the current, the PD's output voltage can be **temporarily** increased by - for instance - augmenting the number of power turns, provided that, for the PD to properly operate, the voltage limits must be complied with.

5.2.7.c) Error in the wiring. If this is the case, one of the previous inspections has not been properly carried out and therefore they must all be carried out once again.

5.2.8) Sobald ein stabiler Betriebszustand bei niedrigem Blindstrom erreicht ist, die Klemmenspannung 0-2 des PFR mit einem Spannungsmesser überprüfen: der Wert sollte circa null sein. Sollte dies nicht eintreten, kann eine der folgenden Ursachen vorliegen:

5.2.8.a) PD-Stromfluss ungleich null;

5.2.8.b) Anschlussfehler bei den oben genannten Klemmen;

5.2.8.c) falsches Übersetzungsverhältnis der Anpasstransformatoren der Spannung (nur vorhanden, wenn das Netz ohne Nulleiter und automatische Entzerrung der Spannung zwischen Generator und Netz ist, siehe Absatz 3.2 C2/C3).

5.2.9) Erzeugung der Wirkleistung mittels Drehzahlregler des Motors, bis ein dem Nennstromwert naher Stromfluss erzeugt wird. Die Klemmenspannung 3-4 des PFR muss zwischen 10 und 16 Volt betragen. Dies ermöglicht die richtige Bemaßung der PD-Wicklung.

Gleichzeitig sollte die Klemmenspannung 0-2 des PFR überprüft werden. Ihr Wert sollte ca. halb so hoch sein wie jener der PFR-Klemmen 3-4 in jedem Lastzustand. Ist dies nicht der Fall, sollte die Ursache gefunden und beseitigt werden, damit der PFR wieder arbeiten kann.

Überprüfung des PFR.

5.2.10) Das Stromaggregat ausschalten und den PFR reaktivieren, indem die Anbindung zwischen Klemme 7 des PFR und AVR wieder hergestellt wird.

5.2.11) Einschaltung des Stromaggregats.

Im Leerlauf muss beim PFR für wenige Sekunden die grüne "VOLTAGE"- und die rote "REVERSE POWER"-LED aufleuchten, danach schaltet sich die "REVERSE POWER"-LED automatisch wieder aus.

5.2.12) Die Leerlaufspannung des Generators auf den **gleichen Wert der Netzspannung** mittels Potentiometer "VOLTAGE" des PFR einstellen.

Wenn der Vorgang bisher richtig durchgeführt wurde, beträgt die Spannung zwischen den Klemmen 7 und 1 (Masse) des PFR ca. 8 Volt DC. Sollte die rote LED "OUT OF RANGE" aufleuchten, das Potentiometer "VOLTAGE" so lange drehen, bis die Spannung zwischen den Klemmen 7 und 1 (Masse) des PFR einen Wert von 8-9 Volt erreicht und die LED erlischt. Nach diesem Vorgang ändert sich die Spannung des Drehstromgenerators und es wird erforderlich, die Spannung erneut mit dem Potentiometer "VOLT" des AVR (siehe 5.2.4) einzustellen, und zwar auf den **gleichen Wert der Netzspannung**.

5.2.13) Parallelbetrieb unter Einhaltung der normalen Vorgehensweise.

An dieser Stelle müssen die roten LEDs "OUT OF RANGE" und "REVERSE POWER" ausgeschaltet sein und es ist möglich, den $\cos\phi$ oder Blindstrom einzustellen, je nach Position des auf dem PFR befindlichen Schalters.

5.2.8.) Once stability in the operation and a low reactive current have both been reached, check that the voltage of terminals 0-2 of the PFR equals zero by means of an ac voltmeter. If this does not occur, the cause can either be:

5.2.8.a) the current crossing the PD is different from zero;

5.2.8.b) there is an error in the connection of the above-mentioned terminals;

5.2.8.c) there is an error in the ratio of transformation of the line voltage's TVs (which are present only in the case of a network without neutral and of voltage automatic equalisation between generator and network, see par. 3.2 C2/C3)

5.2.9.) Supply active power by means of the thermal engine's torque regulator until the quantity of current supplied almost equals the nominal one. The voltage of terminals 3-4 of the PFR must be comprised between 10 and 16 ac Volts. This allows correct sizing of the PD's winding.

At the same time, check the voltage of terminals 0-2 of the PFR. Its value must be about half the value of terminals 3-4 of the PFR in a load condition. If this does not occur, the reason for this must be found out and the problem solved for the PFR to operate.

Inspection with a PFR

5.2.10.) Switch off the generator set and turn the PFR on again by re-establishing the connection between terminal 7 of the PFR and the AVR.

5.2.11) Start the generator set.

At no-load condition, for a few seconds the 'VOLTAGE' green LED and the 'REVERSE POWER' red LED will be both displayed as switched on the PFR, after which the latter will be automatically turned off.

5.2.12) Adjust the generator's voltage, which is at no-load condition, to the **same parameter of the network voltage** by means of the PFR's 'VOLTAGE' potentiometer.

If the whole procedure has so far been accurately followed, the voltage between terminals 7 and 1 (ground) of the PFR must be about 8 Volts in dc. If the 'OUT OF RANGE' red LED were to be on, turn the 'VOLTAGE' potentiometer until voltage between terminals 7 and 1 (ground) of the PFR reach 8-9 Volts and the aforementioned LED turns off. As a result of this operation, the generator's voltage will vary and it will therefore need to be re-adjusted to the **same value of the network voltage** by means of the AVR's 'VOLT' potentiometer (see 5.2.4.)

5.2.13) Carry out paralleling by following the relevant procedure.

At this point, with the 'OUT OF RANGE' and 'REVERSE POWER' red LEDs turned off, it is possible to adjust the $\cos\phi$ and the reactive current according to the position of the switch placed

Das aktive Potentiometer wird dann durch eine aufleuchtende LED gekennzeichnet sein.

Anmerkung: Um den $\cos\phi$ einstellen zu können, muss man über einen aktiven Leistungsfluss verfügen und das Drehmoment des Hauptmotors muss mindestens 10-20% der Nennleistung entsprechen, ansonsten stellt sich der PFR automatisch auf den Modus "Blindstrom" ein, unabhängig von der gewählten Schalterposition.

Leuchtet die rote LED "REVERSE POWER" auf, kann eine der folgenden Ursachen vorliegen:

- 5.2.13.a) unzureichende Drehmomentversorgung seitens des Hauptmotors;
- 5.2.13.b) Umkehrung der Anschlüsse, die an den Klemmen 3 und 4 des PFR angeschlossen sind.

Wenn die Potentiometer bei $\cos\phi$ oder Blindstrom nicht werkseitig kalibriert worden sind, wird der PFR versuchen, den Blindstrom auf den voreingestellten Wert zurückzuführen, selbst wenn dieser höher als der Stromfluss ist, der die Schutzeinrichtungen auslöst. In diesem Fall kann eine Rekalibrierung schwierig sein, da der Blindstrom sehr schnell zunimmt und der Überspannungsschutz unverzüglich ausgelöst wird. Sollte ein Ersatz-PFR mit Originalkalibrierung nicht verfügbar sein, wie folgt vorgehen:

- Klemme 7 trennen
- einen Spannungsmesser zwischen den Klemmen 1-7 des PFR für die Messung der Gleichspannung anschließen
- Parallelschaltung trennen
- den PFR auf die Regulierung des Blindstroms einstellen und den entsprechenden Trimmer drehen, bis die Spannung V 1-7 wechselt.
- den PFR auf die Regulierung des $\cos\phi$ einstellen und den entsprechenden Trimmer drehen, bis die Spannung V 1-7 wechselt. Sollte der Trimmer nicht aktiv sein (Anzeigeleuchte ist aus), muss der Drehzahlregler das nötige Drehmoment für dessen Aktivierung erzeugen.
- Klemme 7 wieder anschließen (Aggregat nicht ausschalten, Parallelschaltung kann bleiben)
- danach ist die Feinkalibrierung von Blindstrom und $\cos\phi$ mühelos durchführbar.

The only active potentiometer will be the one indicated by the switched-on LED next to the potentiometer itself.

NB: In order to regulate the $\cos\phi$, it is necessary to dispose of an active power flow and of a prime mover torque corresponding to at least 10-20% of the nominal power, otherwise the PFR will automatically be set on the 'reactive current' mode, independently on the selected switch position.

If the 'REVERSE POWER' red LED were to be on, the cause can be one of the following:

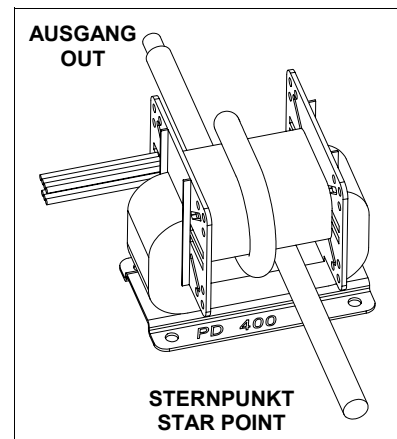
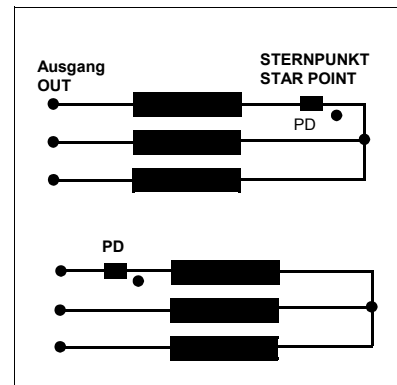
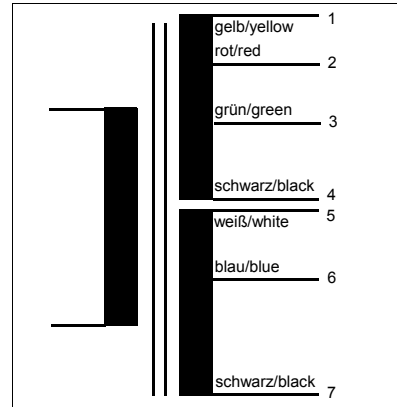
- 5.12.13.a) Insufficient torque supply from the prime mover;
- 5.12.13 b) Inversion of wires connected to terminals 3 and 4 of the PFR

If the potentiometers of both $\cos\phi$ and reactive power have been de-calibrated in respect of the data set by the factory, the PFR will try to adjust the reactive current to the pre-set parameter, even if the latter should be higher than the protection releasing current. In such a case the re-calibration may be difficult to carry out because the reactive current increases rapidly and the over-current protections timely intervene. If a spare PFR with original calibration could not be available, the following procedure can be observed:

- disconnect terminal 7
- connect an ac voltmeter to terminals 1-7 of the PFR
- carry out the paralleling
- set the PFR ready for the adjustment of the reactive current, then turn the relevant trimmer until voltage V1-7 starts changing;
- set the PFR ready for the adjustment of the $\cos\phi$, then turn the relevant trimmer until voltage V1-7 starts changing. Should the trimmer not be active (LED off), supply the torque necessary to activate it by means of a speed regulator;
- re-connect terminal 7 (the generator set need not be turned off, nor the parallel be opened);
- afterwards, the reactive current and the $\cos\phi$ are easily trimmed.

**TABELLA DISPOSITIVI DI PARALLELO
PARALLEL DEVICES TABLE**

SPANNUNG BEI 50 Hz / 50Hz OUTPUT		220/380 230/400 240/415	110/190/220/380 115/200/230/400 120/208/240/415	220/380/440/760 230/400/460/800 240/415/480/830
SPANNUNG BEI 60 Hz / 60 Hz OUTPUT		254/440 265/460 277/480	127/220/254/440 133/230/265/460 139/240/277/480	254/440/508/880 265/460/530/920 277/480/554/960
Anschlußleitungs Bezeichnung Sensing wires to connect	einphasiger Anschluß Single-phase sensing	gelb-rot yellow-red 1 - 2	rot-grün red-green 2 - 3	gelb-rot yellow-red 1 - 2
	dreiphasiger Anschluß Three-phase sensing	gelb-schwarz yellow-black 1 - 4	gelb-grün yellow-green 1 - 3	gelb-schwarz yellow-black 1 - 4
Generator Typ Generator type	Pn (kVA)	Luftspalt Air gap (mm)	Windungsanzahl des Hauptkabels output cable turns	
ECO28-1L/2	22	0,2	9	
ECO28-2L/2	27	0,2	7	
ECO28-3L/2	31,5	0,2	6	
ECO31-1S/2	38	0,2	5	
ECO31-2S/2	44	0,2	4	
ECO31-3S/2	55	0,2	4	
ECO31-1L/2	66	0,2	3	
ECO31-2L/2	82	0,2	2	
ECO31-3L/2	95	0,2	2	
ECO28-S/4 (*a)	16	0,2	12	
ECO28-1L/4 (*a)	20	0,2	10	
ECO28-2L/4 (*a)	25	0,2	8	
ECO32-1S/4	31	0,2	6	
ECO32-2S/4	35	0,2	6	
ECO32-3S/4	40	0,2	5	
ECO32-1L/4	50	0,2	4	
ECO32-2L/4	60	0,2	3	
ECO32-3L/4	70	0,2	3	
ECO34-1S/4	85	0,25	3	
ECO34-2S/4	105	0,3	3	
ECO34-1L/4	125	0,25	2	
ECO34-2L/4	150	0,3	2	
ECO37-1S/4	170	0,2	1	
ECO37-2S/4	200	0,2	1	
ECO37-3S/4	225	0,25	1	
ECO37-1L/4	250	0,25	1	
ECO37-2L/4	300	0,3	1	
ECO37-3L/4	340	0,35	1	
ECO40-1S/4	400	0,2	1 (*b)	
ECO40-2S/4	450	0,25	1 (*b)	
ECO40-3S/4	500	0,25	1	
ECO40-1L/4	550	0,3	1 (*b)	
ECO40-2L/4	680	0,35	1 (*b)	
EC43-SA/4	770	0,2	1 (*b)	
EC43-SB/4	930	0,25	1 (*b)	
EC43-LA/4	1100	0,3	1 (*b)	
EC43-LB/4	1300	0,35	1 (*b)	



(a) Spezial Rotor / special rotor
(b) eine Windung mit nur einer Kabel Nr. / one turn with only one cable n°1

tab. 5.1

**Netzparallel-Anschluß Diagramm
NETWORK PARALLEL CONNECTION DIAGRAMS**

Tipo di regolatore <i>Regulator type</i>	Anschlüsse <i>connection</i>	Regelung <i>voltage regulation</i>	Sternpunkt <i>star point</i>	Zeichnungs Nr. <i>drawing n°</i>	Seite <i>page</i>
SR7	6 Kabel - Stern <i>6 terminals - star</i>	Hand <i>manual</i>	vorhanden <i>available</i>	A3640/01	27
SR7	6 Kabel - Stern <i>6 terminals - star</i>	Automatik <i>automatic</i>	vorhanden <i>available</i>	A3922/00	27
SR7	12 Kabel - Serie Stern <i>12 terminals - series star</i>	Hand <i>manual</i>	vorhanden <i>available</i>	A3637/01	28
SR7	12 Kabel - Serie Stern <i>12 terminals - series star</i>	Automatik <i>automatic</i>	vorhanden <i>available</i>	A3923/00	28
UVR6	12 Kabel - Serie Stern <i>12 terminals - series star</i>	Hand <i>manual</i>	vorhanden <i>available</i>	A3170/01	29
UVR6	12 Kabel - Serie Stern <i>12 terminals - series star</i>	Automatik <i>automatic</i>	vorhanden <i>available</i>	A3924/00	29
UVR6	12 Kabel - Parallel Stern <i>12 terminals - parallel star</i>	Hand <i>manual</i>	vorhanden <i>available</i>	A3925/00	30
UVR6	12 Kabel - Parallel Stern <i>12 terminals - parallel star</i>	Automatik <i>automatic</i>	vorhanden <i>available</i>	A3926/00	30

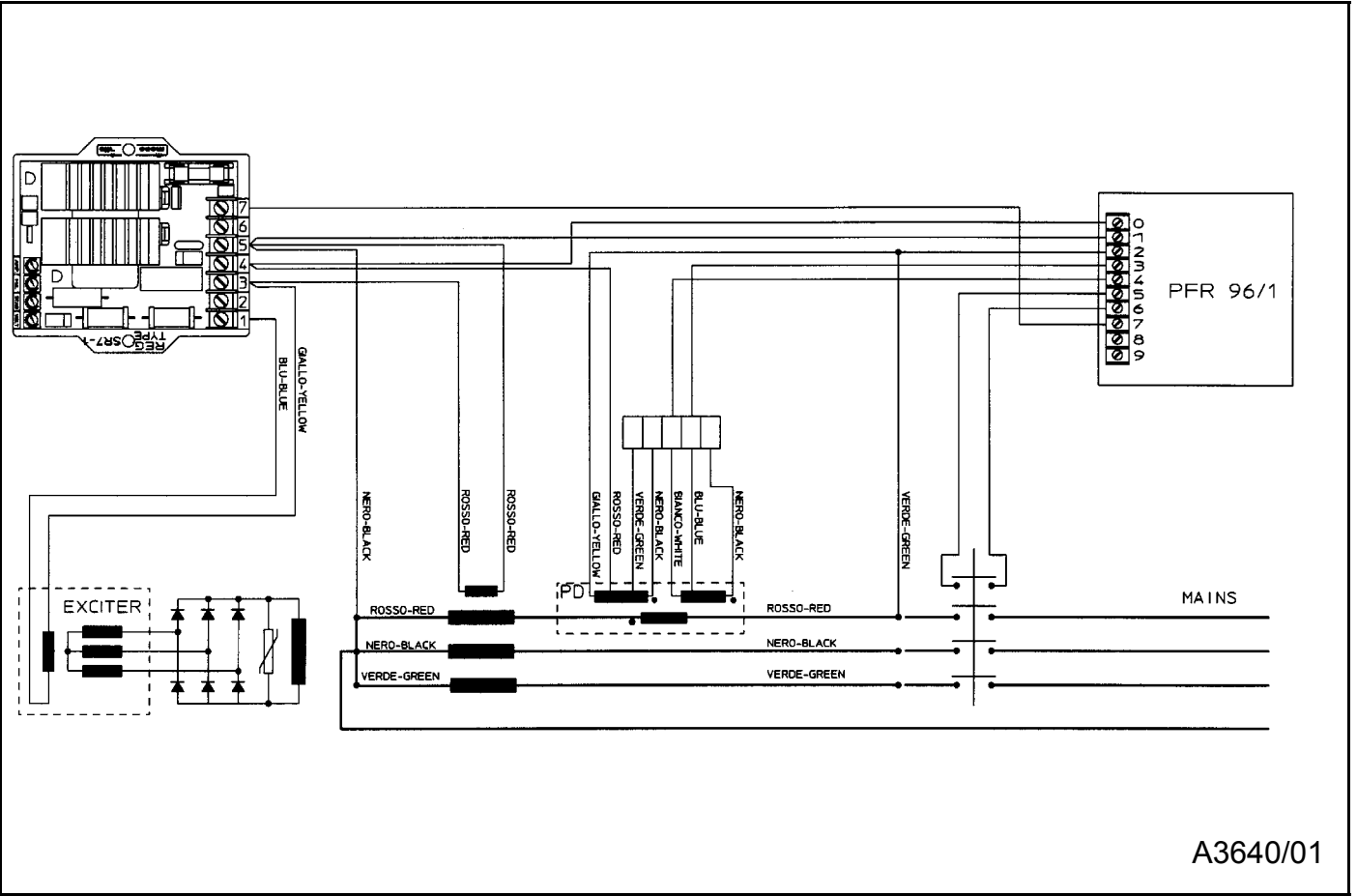
**PARALLELSCHALTUNG VON GLEICHEN GENERATOREN
PARALLEL WITH LIKE GENERATORS CONNECTION DIAGRAMS**

SR7	6 Kabel - Stern <i>6 terminals - star</i>	/	/	A2544/01	31
UVR6	6 Kabel - Stern <i>6 terminals - star</i>	/	/	A2550/01	31
SR7	12 Kabel - Anschluß 115 o 230V einphasig <i>12 terminals - sensing 115 or 230V single phase</i>	/	/	A2545/01	32
UVR6	12 Kabel - Anschluß 115 o 230V einphasig <i>12 terminals - sensing 115 or 230V single phase</i>	/	/	A2549/00	32
UVR6	6 Kabel - Anschluß 115 o 230V dreiphasig <i>6 terminals - sensing 115 or 230V three phase</i>	/	/	A2548/01	33
UVR6	12 Kabel - Anschluß 115 o 230V dreiphasig <i>12 terminals - sensing 115 or 230V three phase</i>	/	/	A2552/00	33

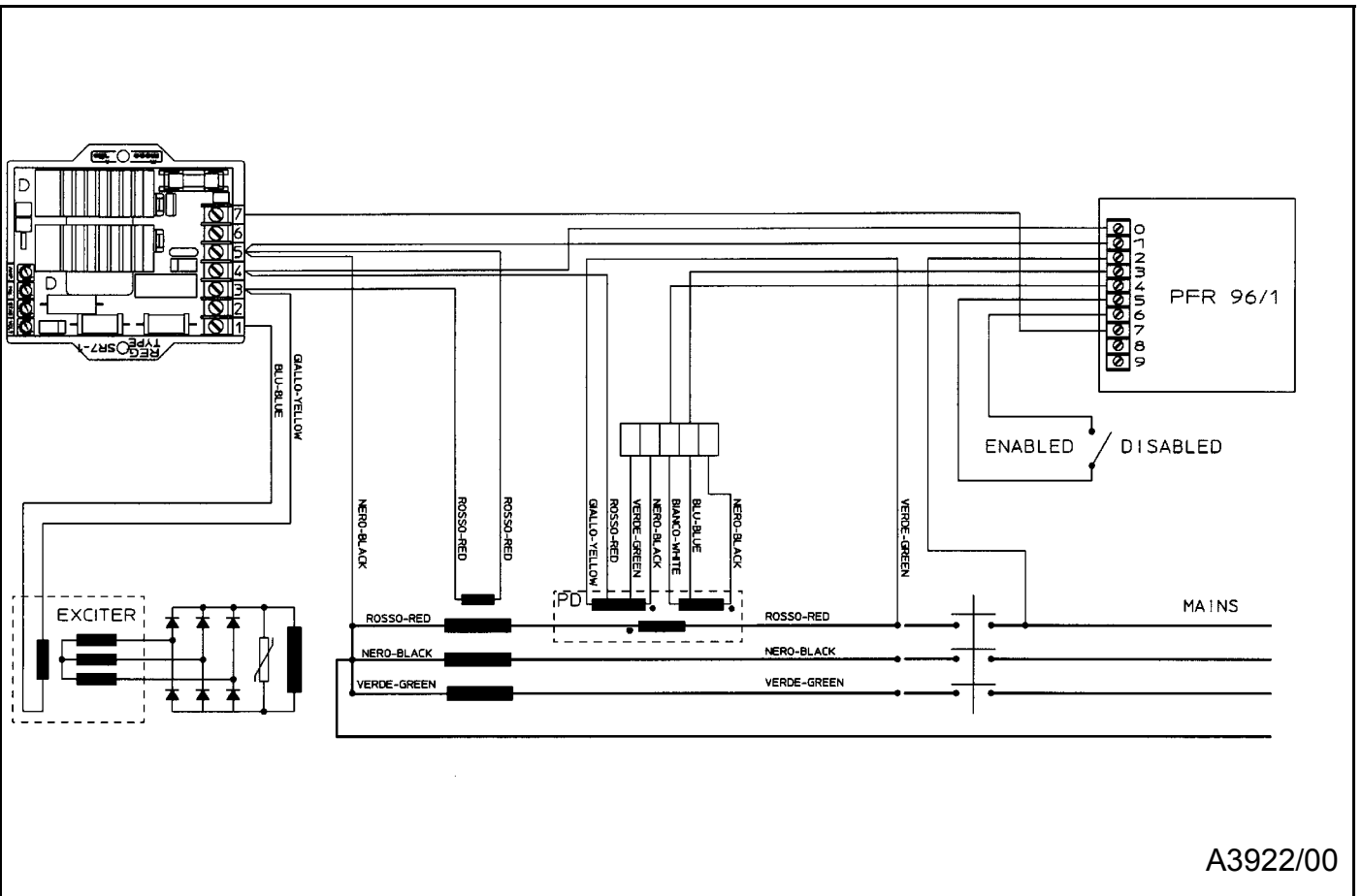
tab. 5.2

APPENDICE A

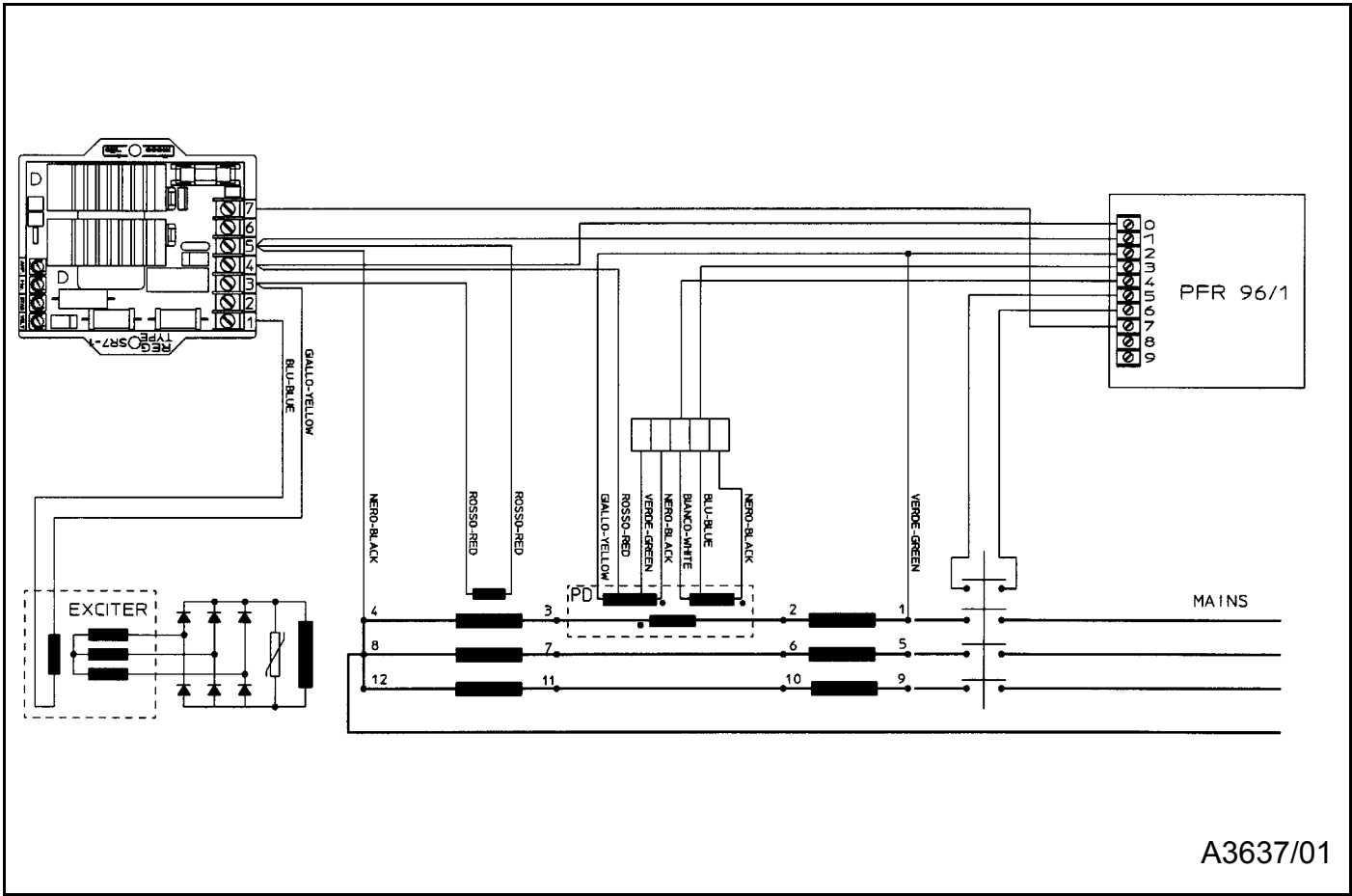
APPENDIX A



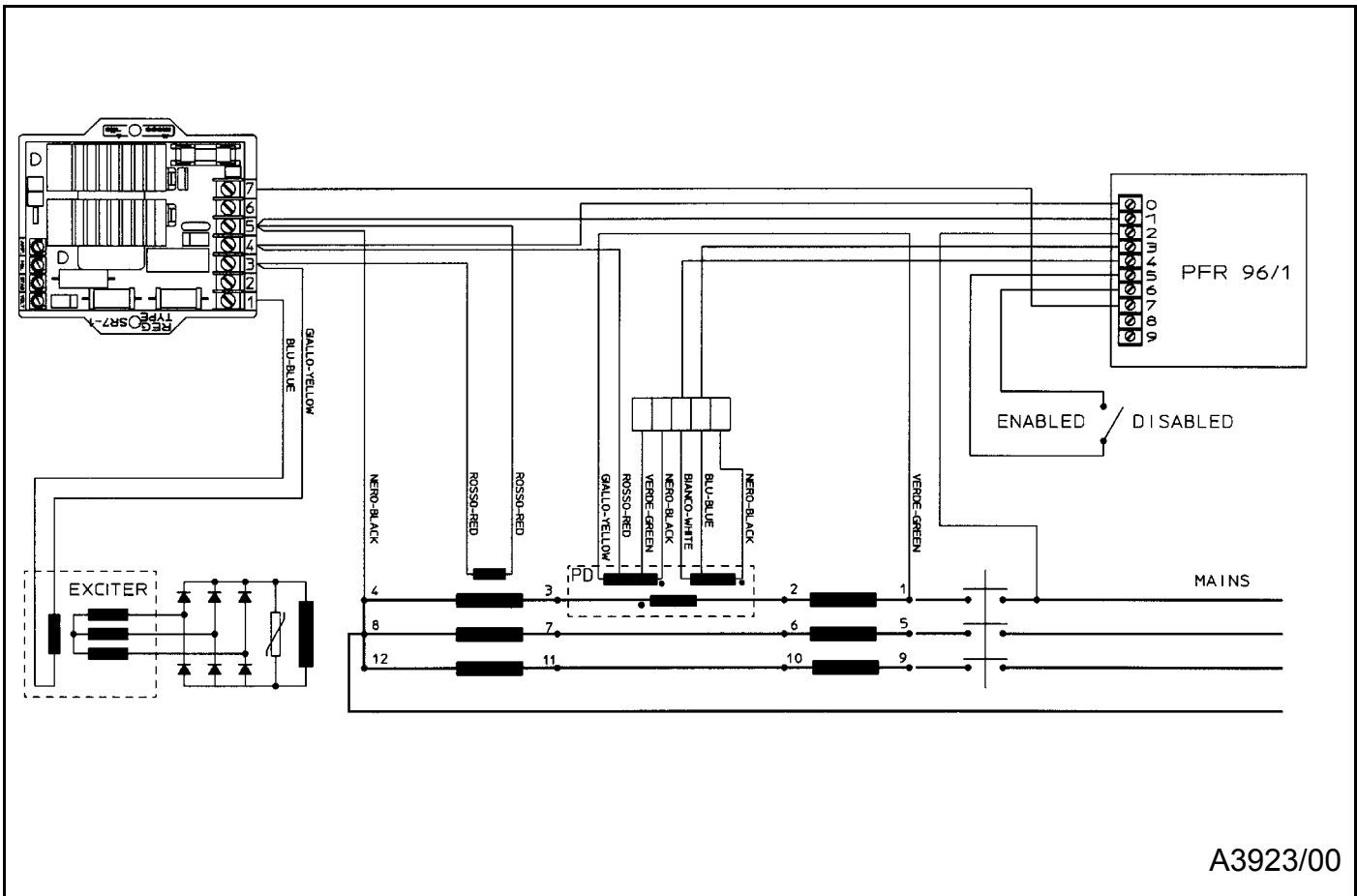
A3640/01



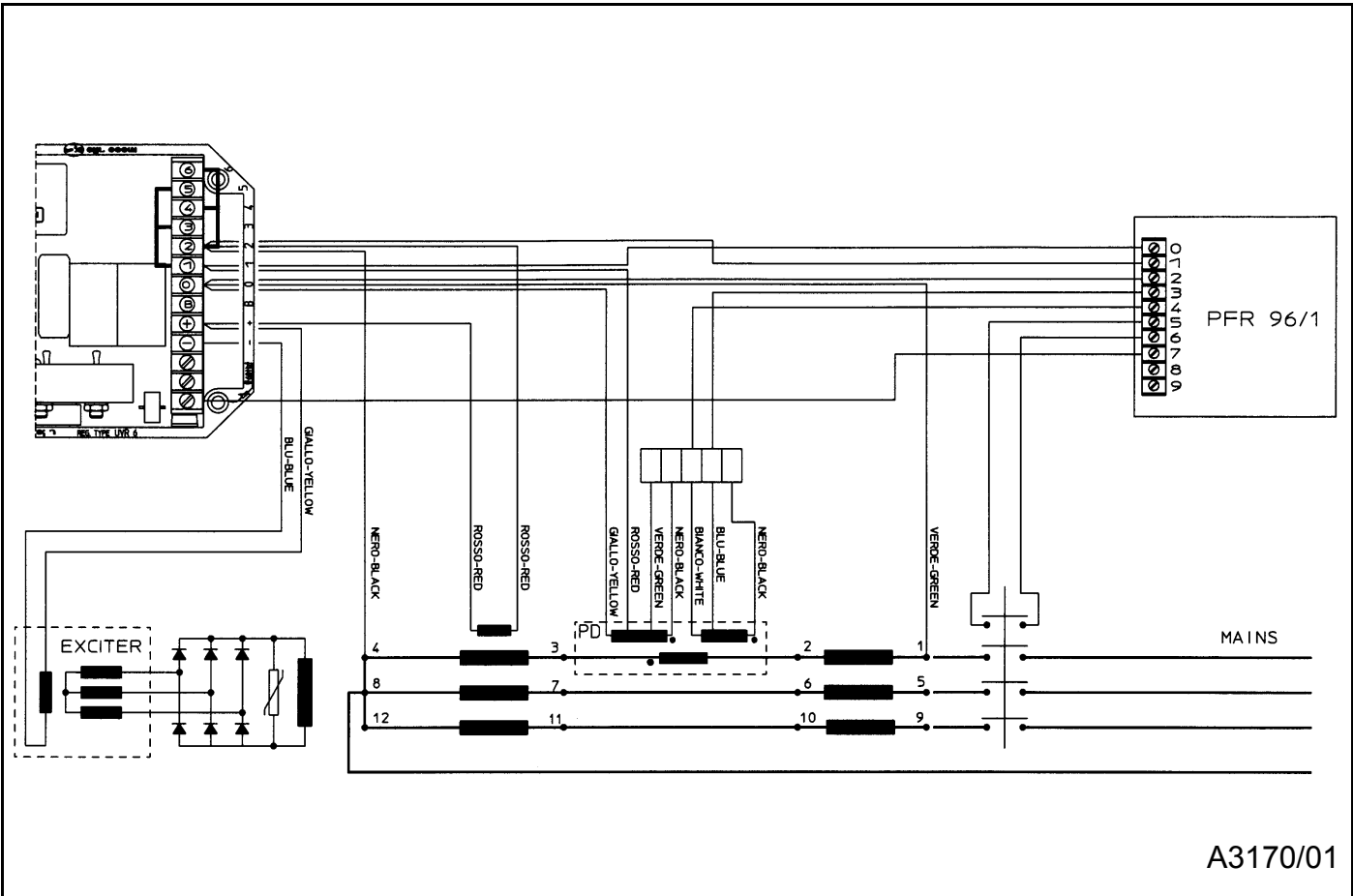
A3922/00



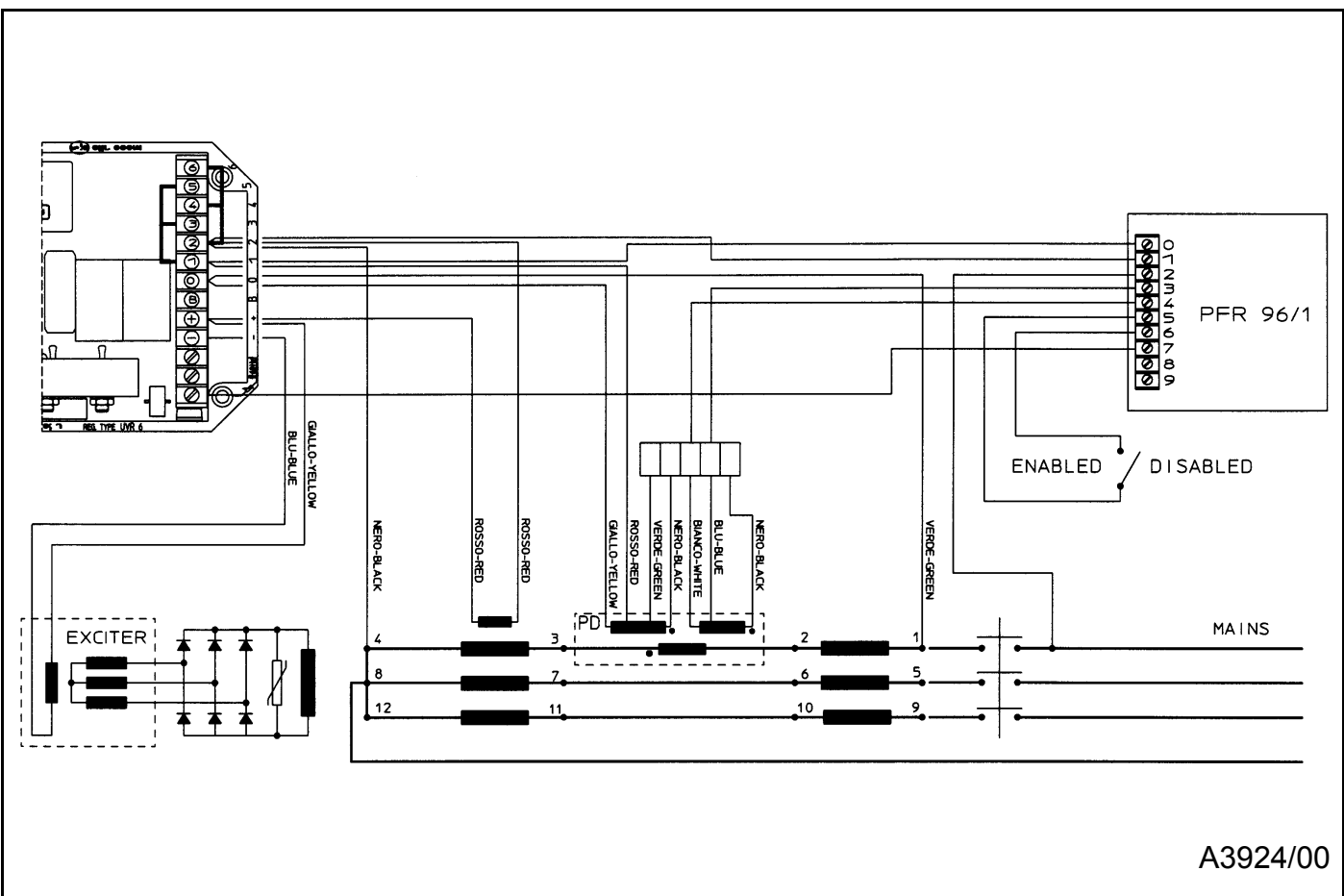
A3637/01



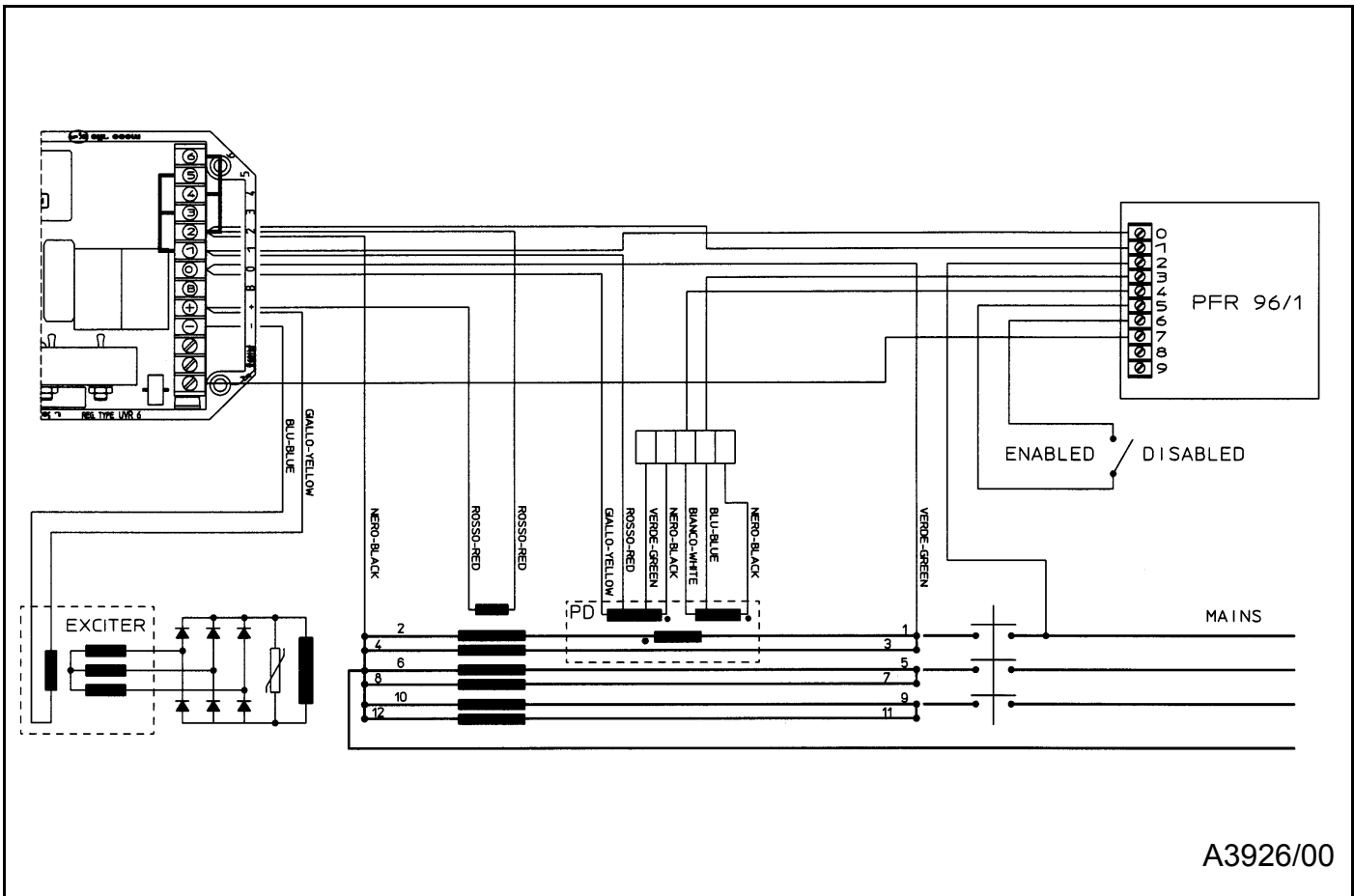
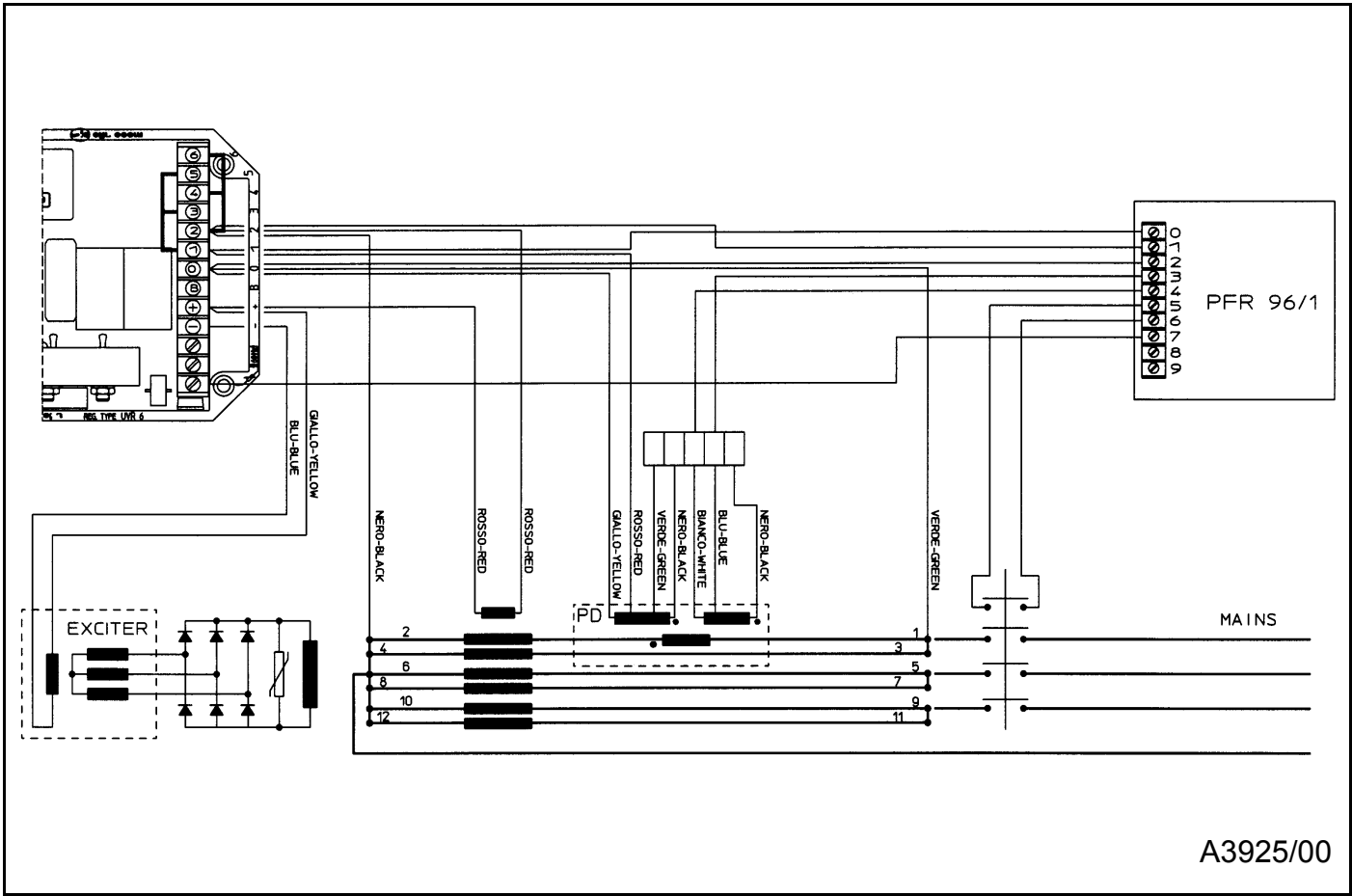
A3923/00

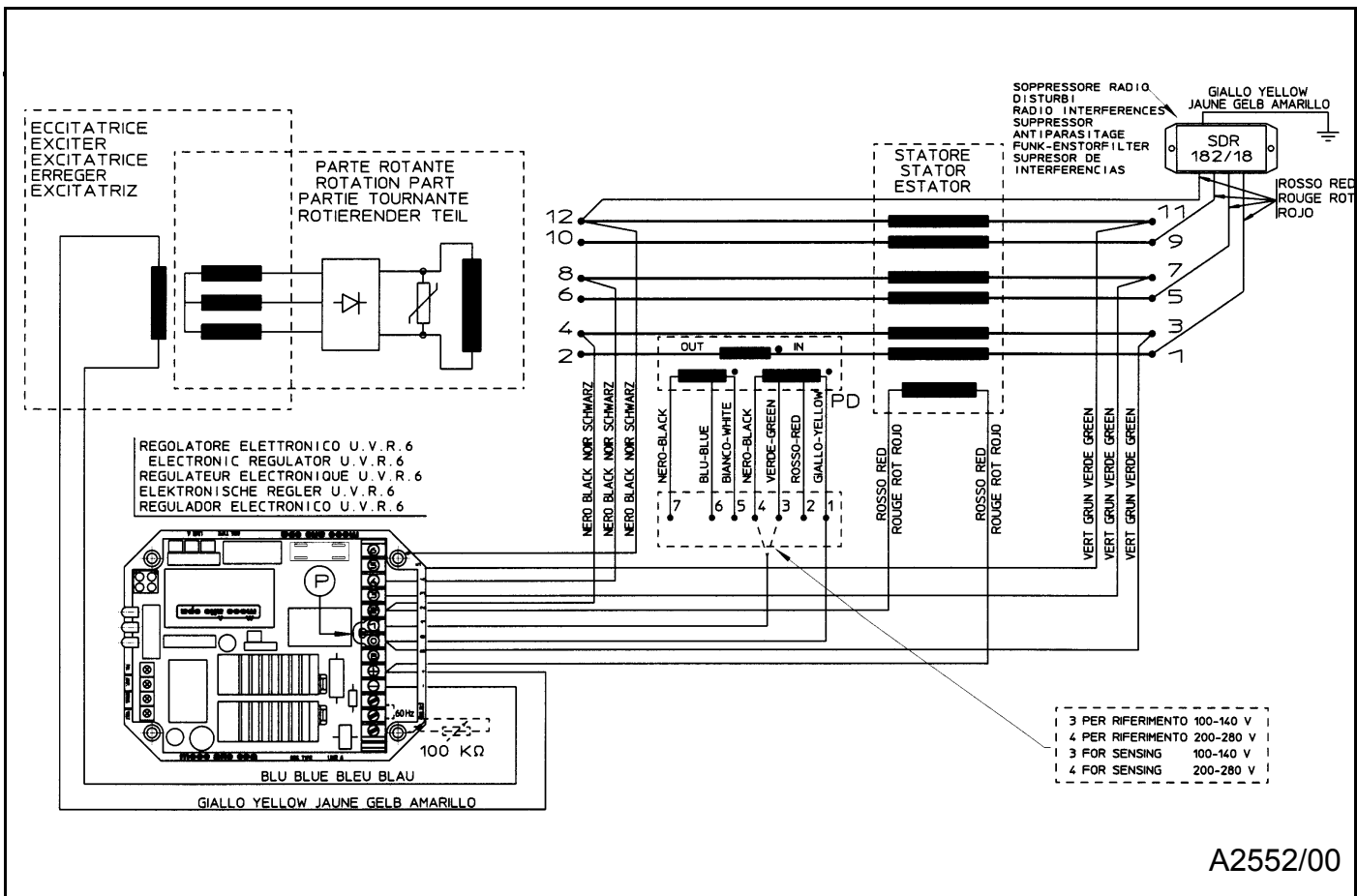
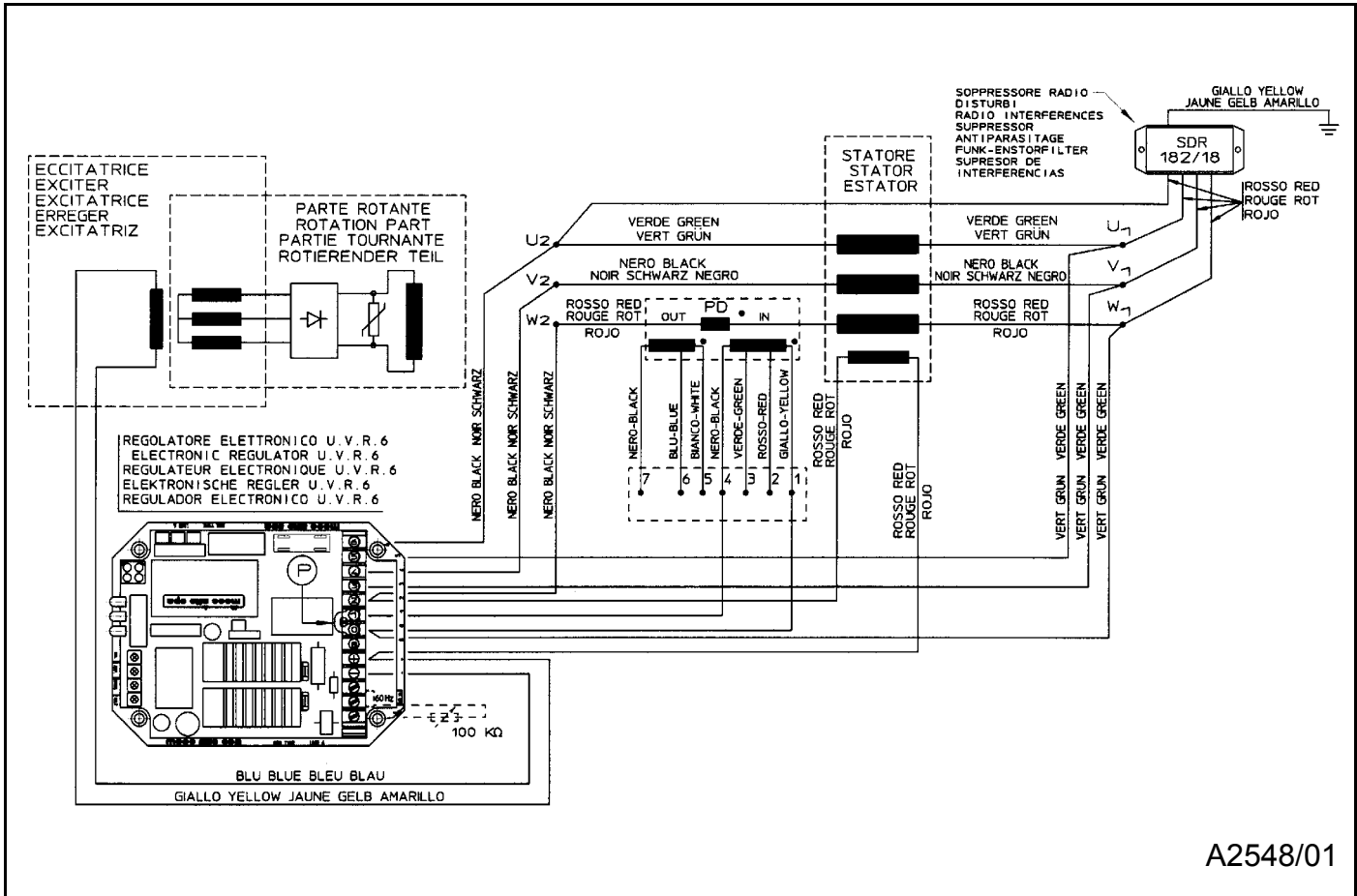


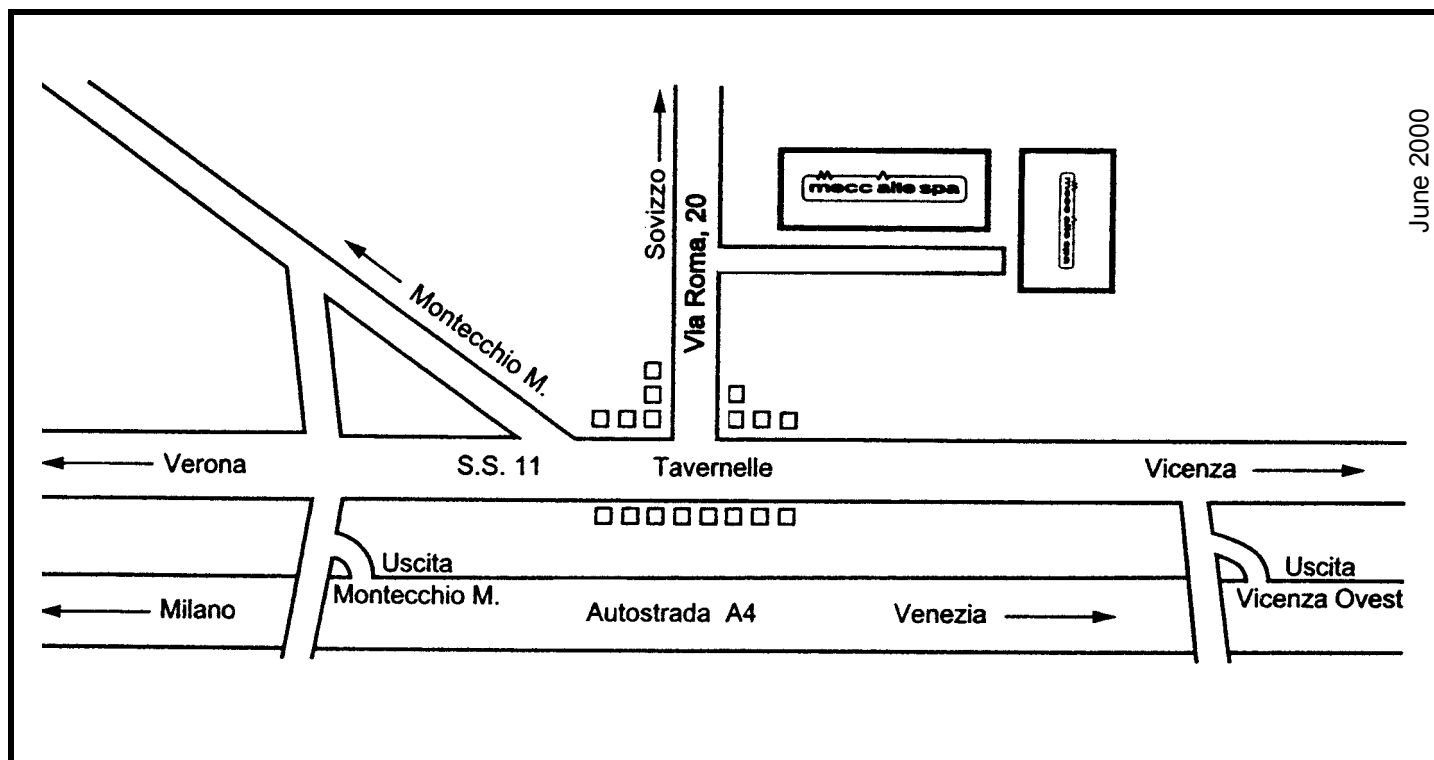
A3170/01



A3924/00







FRANCE

MECC ALTE INTERNATIONAL S.A.
Z.E.LA GAGNERIE
16330 ST.AMANT DE BOIXE
TEL. 0545/397562 FAX 0545/398820
e-mail : mecc.alte@wanadoo.fr

UNITED KINGDOM

MECC ALTE U.K LTD
6 LANDS' END WAY
OAKHAM RUTLAND LE 15 6RF
TEL. 1572/771160 FAX 1572/771161
e-mail : fjt@meccalte.co.uk

DEUTSCHLAND

MECC ALTE GENERATOREN GmbH
ENSENER WEG 21
D-51149 KÖLN
TEL. 02203/503810 FAX 02203/503796
e-mail : MECCALTE@aol.com

POLSKA

MECC ALTE GENERATOREN GmbH
ODDZIAŁ w WARSZAWIE
SKIERDY-OSIEDLE JABLONIE
PL 05-100 NOWY DWOR MAZOWIECKI
TEL 48(0)22/7755603 FAX 48(0)22/7755680
e-mail : biuro@meccalte.com.pl

ESPAÑA

MECC ALTE ESPAÑA S.A.
POLIGONO INDUSTRIAL
CASAGRANDE PARCELA 12 C
03180 TORREVIEJA (ALICANTE)
TEL. 096/6702152 FAX 096/6700103
e-mail : mecesp@arrakis.es

AUSTRALIA

MECC ALTE ALTERNATORS PTY LTD
UNIT 5 - 17/19 CHURCHILL ROAD NTH
DRY CREEK - SOUTH AUSTRALIA 5094
TEL. 08/3498422 FAX 08/3498455
e-mail : mecc_alte@cybercrow.net.au

FAR EAST

MECC ALTE (F.E.) PTE LTD
19 KIAN TECK DRIVE
SINGAPORE 628836
TEL. 2657122 FAX 2653991
e-mail : mafe@PACIFIC.NET.SG

U.S.A. AND CANADA

MAGIL CORPORATION
815 N. OAKWOOD RD., UNIT I
LAKE ZURICH, IL 60047
TEL. 847/550-0530 FAX 847/550-0528
sales@magilcorp.com

mecc alte spa

via Roma, 20 - 36051 Creazzo (VI)
Tel 0444 / 396111 - Fax 0444 / 396166
e-mail : mecc-alte-spa@meccalte.it