

FUNZIONAMENTO IN PARALLELO DEGLI ALTERNATORI SINCRONI
SYNCHRONOUS GENERATORS PARALLEL OPERATION

INDICE

- 1) INTRODUZIONE
 - 1.1) Scopo
 - 1.2) Concetti di base sul generatore sincrono
 - 1.3) Stabilità e ripartizione di carico
- 2) IL DISPOSITIVO DI PARALLELO "PD"
- 3) IL REGOLATORE DI FATTORE DI POTENZA "PFR"
 - 3.1) Descrizione
 - 3.2) Caratteristiche tecniche
 - 3.3) Dati tecnici
- 4) CONDIZIONI PRELIMINARI ALL'INSERZIONE IN PARALLELO
- 5) VERIFICA DEL PARALLELO CON ALTERNATORI REGOLATI ELETTRONICAMENTE
 - 5.1) Parallelo tra alternatori in isola
 - 5.2) Parallelo con la rete

APPENDICE A : Schemi di collegamento degli alternatori

TERMINOLOGIA

AVR (Automatic Voltage Regulator)
Regolatore elettronico della tensione del generatore

UVR6 o SR7
scheda elettronica di regolazione della tensione del generatore di costruzione MECC ALTE

PD (parallel device)
dispositivo di parallelo; trasduttore che fornisce una tensione proporzionale alle amper-spire da cui il nucleo è attraversato (vedi capitolo 2).

Bobina secondaria del PD
bobina del PD utilizzata in serie al riferimento di tensione a seconda dell'applicazione in conformità alla tabella 2.1

PFR (power factor regulator)
regolatore di tensione o della corrente reattiva o del $\cos\varphi$ (vedi capitolo 3).

TV
trasformatore di tensione

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) INTRODUZIONE

1.1) Scopo

L'inserzione in parallelo di due o più gruppi generatori in un sistema di produzione di energia si rende necessaria ogniqualvolta si desidera:

- aumentare la capacità del sistema complessivo
- permettere l'erogazione della fornitura di energia senza interruzioni nel caso di manutenzione sui gruppi
- limitare la dimensione e/o il peso delle macchine
- aumentare l'affidabilità del sistema complessivo
- aumentare l'efficienza del sistema complessivo

In particolare l'ultimo punto significa che più generatori funzionanti a pieno carico ottimizzano l'utilizzo dei motori primari accoppiati ai generatori in tutto il campo di potenza fino a quella nominale del sistema complessivo.

1.2) Concetti di base sul generatore sincro

Per le finalità del presente manuale è possibile accettare l'approssimazione del generatore sincro come un generatore ideale di tensione alternata V_0 a frequenza f con in serie una induttanza (sincrona) di uscita L_s (fig.1.2.1.a). V_0 è comandata in modulo dalla corrente di eccitazione, ed in frequenza dalla velocità del motore primo. Pertanto, al passaggio di una corrente I_u , la tensione ai morsetti di uscita V_u sarà data da $V_u = V_0 - j X_s I_u$ (con $j =$ operatore complesso) (fig.1.2.1.b). Il termine $j X_s = j 2\pi f L_s$ rappresenta la reattanza di uscita, la cui caduta di tensione $-j X_s I_u$ è in quadratura in ritardo rispetto a I_u .

A causa della saturazione magnetica e della forma dei poli, tale approssimazione è troppo grossolana per essere utilizzata in calcoli di qualsiasi tipo ma è finalizzata esclusivamente a migliorare la comprensione qualitativa dei fenomeni inerenti i generatori.

Dal modello suddetto risulta infatti evidente che, se al generatore sincro viene applicato un carico induttivo, la corrente I_L in ritardo di fase di 90° sulla tensione ai morsetti provoca una caduta $-j X_s I_L$ in opposizione di fase rispetto a V_u , che quindi diminuisce (fig.1.2.2a). Per mantenere la tensione ai morsetti V_u prestabilita sarà necessario aumentare V_0 proprio di $j X_s I_L$ aumentando la corrente di eccitazione; in questa situazione l'alternatore si dice comunemente "sovraccitato".

Analogamente, se viene applicato con un carico capacitivo, la corrente I_C in anticipo di fase di 90° sulla tensione ai morsetti provoca una caduta $-j X_s I_C$ in fase con V_u che quindi aumenta. Per mantenere la tensione ai morsetti prestabilita sarà necessario ridurre V_0 proprio di $X_s I_C$ riducendo la corrente di eccitazione; in questa situazione l'alternatore si dice comunemente "sottoeccitato" (fig.1.2.2b).

Con un carico resistivo invece la corrente I_R e la caduta $-j X_s I_R$ saranno rispettivamente in fase ed in quadratura in ritardo rispetto a V_u che pertanto, per carichi di moderata entità, non differirà molto da V_0 .

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.

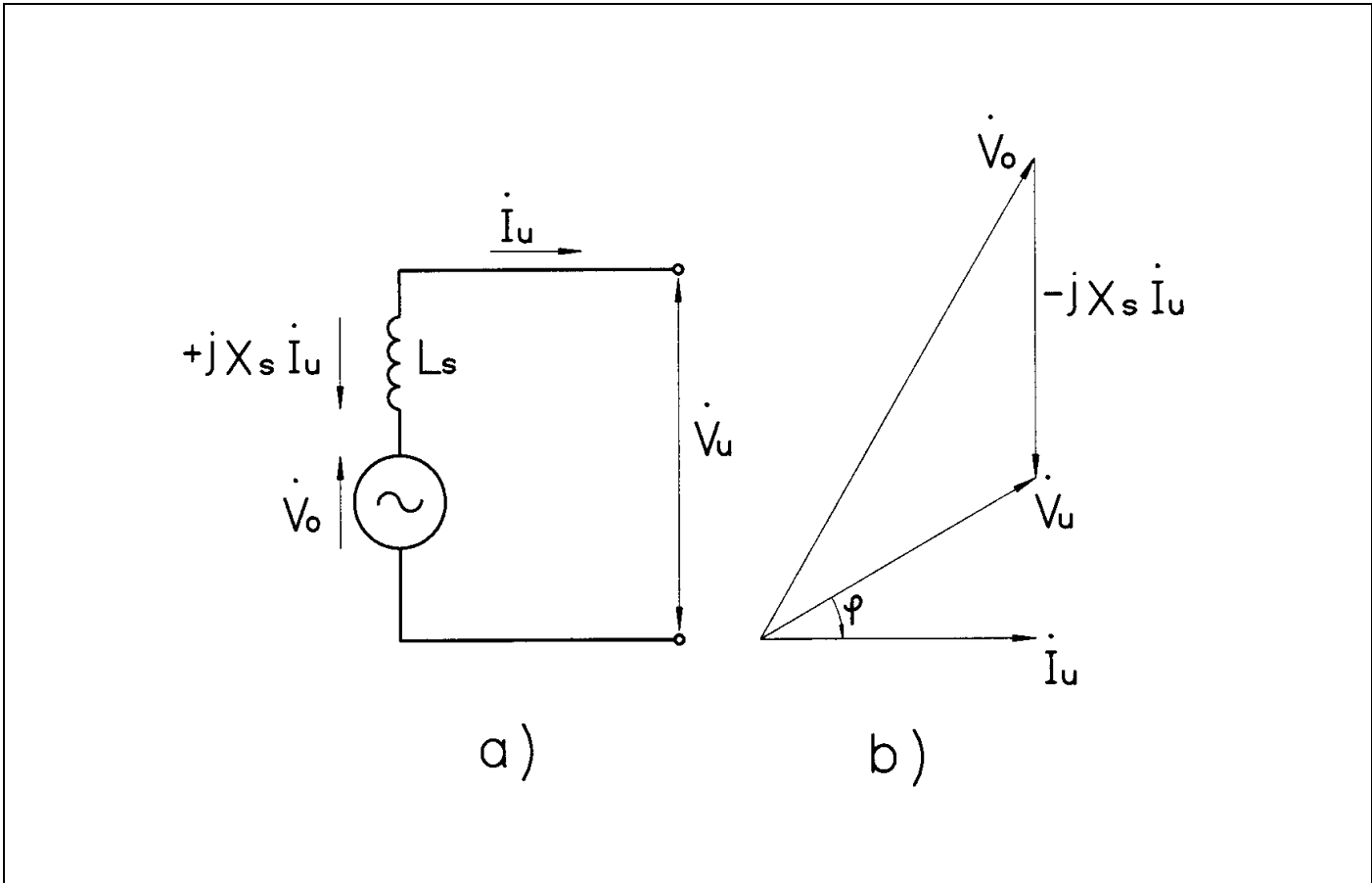


fig. 1.2.1

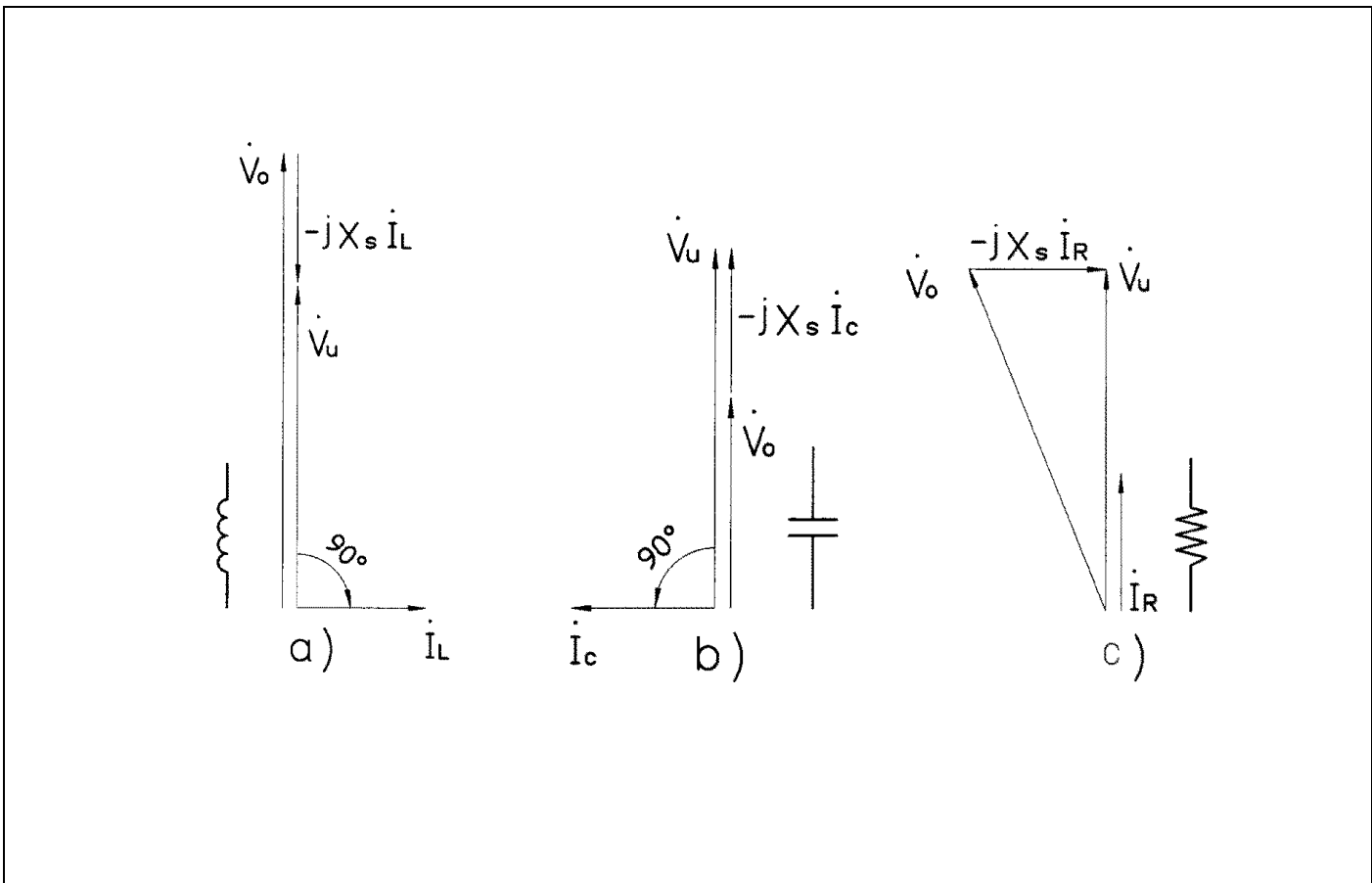


fig. 1.2.2

Per mantenere la tensione ai morsetti prestabilita la correzione da apportare a V_o sarà minima (fig.1.2.2c).

Un alternatore regolato elettronicamente comprende un sistema che, collegato in retroazione ai morsetti di uscita, ne mantiene costante la tensione V_u regolando opportunamente l'eccitazione e pertanto "nasconde" all'utente la caduta di tensione sulla reattanza di uscita $j X_s$, facendo apparire il sistema come un generatore ideale (fig. 1.2.3).

Un alternatore regolato non elettronicamente, comprende invece un sistema che, collegato in serie ai morsetti di uscita, al variare del modulo e della fase della corrente regola l'eccitazione in base alle regole suddette, con una precisione generalmente inferiore al sistema retroazionato.

1.3) Stabilità e ripartizione di carico

Quando due generatori di tensione ideali collegati in parallelo sono perfettamente equalizzati ($V_{o1}=V_{o2}=V_o$) in modulo e fase, le rispettive correnti I_{u1} e I_{u2} , erogate sul carico sono uguali (fig.1.3.1.a) sia in modulo che in fase.

Una differenza tra i moduli delle tensioni dà luogo ad un flusso di potenza reattiva induttiva dal generatore a tensione più alta (sovr eccitato) verso quello a tensione inferiore (sottoeccitato), in coerenza con quanto sopra scritto.

Una differenza tra le fasi delle tensioni dà luogo invece ad un flusso di potenza attiva dal generatore con tensione in anticipo verso quello a tensione in ritardo, il quale si trova a funzionare da motore.

Con degli alternatori sincroni, anche se dello stesso tipo, una condizione come quella della fig.1.3.1.a non è realizzabile a causa di vari fattori quali: tolleranze proprie delle macchine elettriche (costruttive, di lavorazione, dei materiali) e dei sistemi di eccitazione elettronici, variazioni di coppia nei regolatori dei motori primi, differenti impedenze di linea tra generatore e nodo di parallelo, ecc.. Queste differenze creano correnti di circolazione I'' di tipo attivo e reattivo tra i generatori, producendo situazioni come quelle semplificate nella fig.1.3.1.b. Anche se, per una particolare situazione di carico si riuscisse ad ottenere una corretta ripartizione di corrente, questa non rimarrebbe costante al variare del carico stesso. Inoltre, a causa delle diverse derive termiche dei componenti del sistema, la ripartizione di corrente varierebbe nel tempo.

Per dare un'idea dell'entità delle correnti di circolazione che si creerebbero, basti pensare che una differenza dell'uno per cento tra le tensioni di due generatori di tensione ideali collegati in parallelo tramite un'impedenza (ad es. di linea) dello 0.1% rispetto all'impedenza base dei generatori, darebbe luogo ad una corrente di circolazione pari a dieci volte la nominale.

I problemi sopra elencati potrebbero essere evitati collegando in serie ad ogni macchina elettrica un elemento di compensazione costituito da una reattanza $j X$ tale da provocare, al passaggio di corrente di circolazione massima ammissibile I_c , una caduta di tensione $V_z = j X I_c$ sufficientemente grande da controbilanciare lo squilibrio di tensione preesistente alla chiusura del parallelo.

In order to preserve the terminal voltage previously set, V_o 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 ($V_{o1} = V_{o2} = V_o$), 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.

E' evidente che tale sistema non è conveniente per costo, dimensioni, ecc. La reattanza suddetta può però essere efficacemente sostituita da altri elementi di compensazione, in modo che la caratteristica Tensione-Corrente di ogni generatore sia come quella di un generatore con un'impedenza in serie (fig.1.3.2). Per gli alternatori a regolazione elettronica la Mecc Alte ha adottato il cosiddetto "Dispositivo di Parallelo" PD.

It is evident that such a system is not cost-effective, 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).

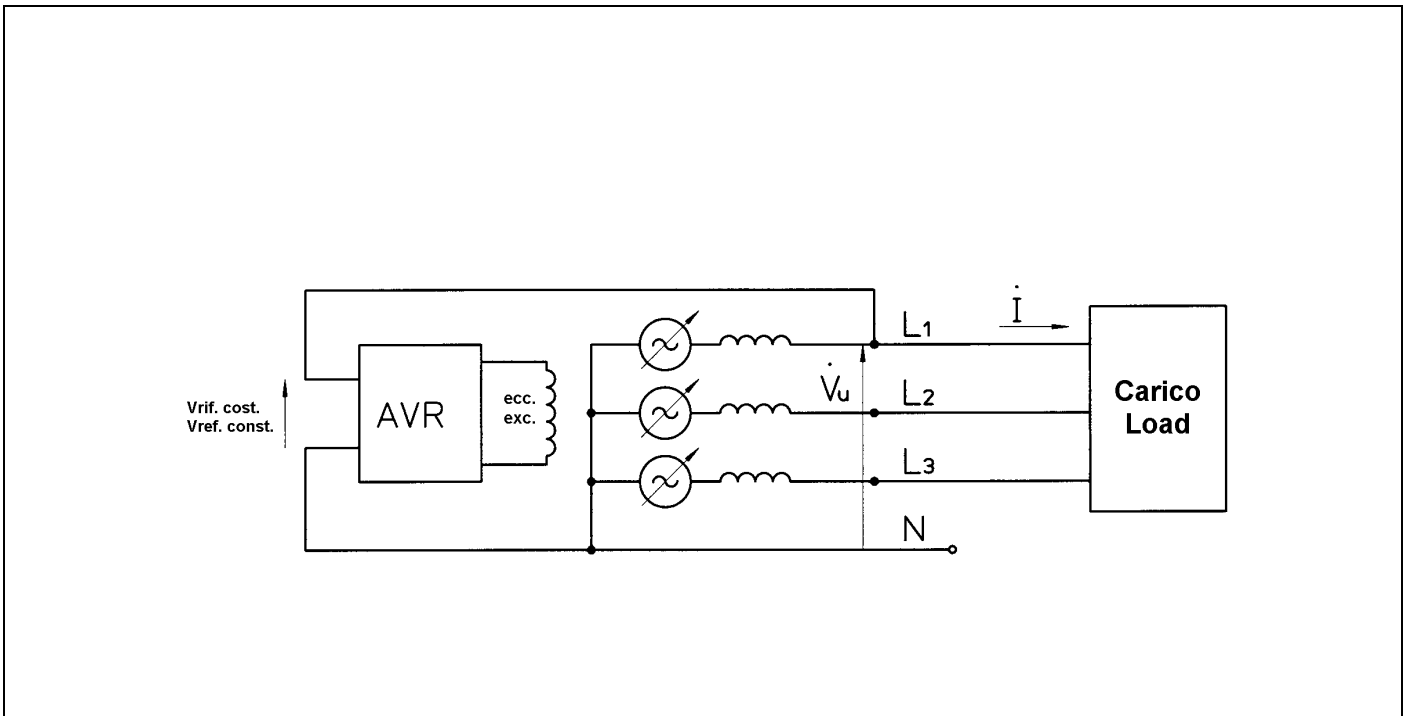


fig. 1.2.3

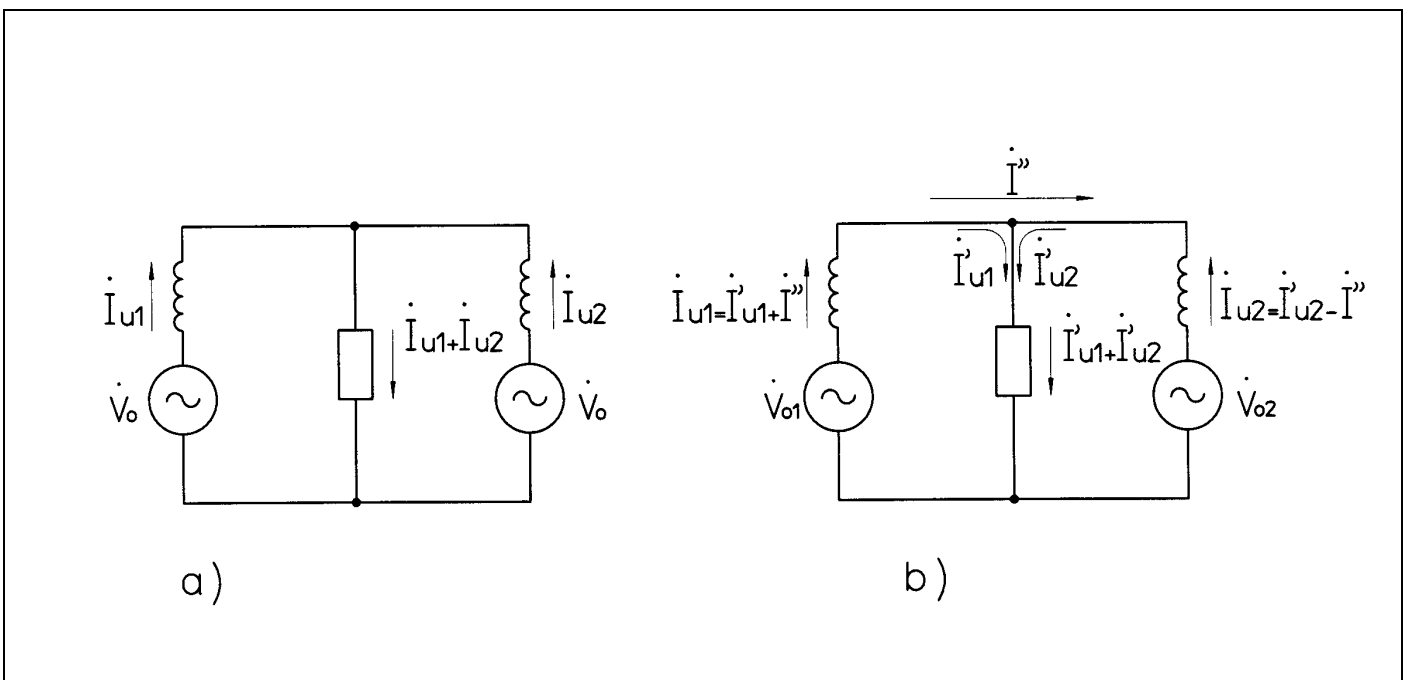


fig. 1.3.1

2) IL DISPOSITIVO DI PARALLELO “PD”

Il PD è una bobina avvolta su un nucleo ferromagnetico con traferro costante e dipendente dal modello di generatore. Come è noto, se il nucleo è attraversato da un flusso sinusoidale creato ad esempio dalla corrente di una fase dell'alternatore, ai capi della bobina si ha una tensione V_{pd} il cui modulo è proporzionale alla corrente, mentre la fase è in quadratura in anticipo rispetto alla corrente stessa. Il PD è dunque un trasduttore corrente-tensione I_u-V_{pd} , con $V_{pd} = j K_{pd} I_u$ (si noti l'analogia tra le relazioni $V_z = j X I_c$ e $V_{pd} = j K_{pd} I_u$).

K_{pd} è una costante direttamente proporzionale al numero di spire della bobina secondaria (definita dal costruttore), di quella primaria (definita in fase di montaggio) ed inversamente proporzionale al traferro inserito tra i nuclei (vedi tab. 5.1).

Il PD viene collegato in modo che venga attraversato dalla corrente di una fase del generatore sincrono; la stessa fase deve essere utilizzata dal regolatore elettronico come riferimento per la retroazione. La bobina del secondario di uscita viene collegata in serie al riferimento stesso in modo da introdurre un “errore” nel sistema di regolazione. La tensione di riferimento infatti non sarà più quella ai morsetti V_u , ma bensì $V_u + V_{pd}$, che pertanto verrà mantenuta costante dal regolatore elettronico (fig.2.1).

A vuoto V_{pd} ovviamente è nulla.

Con carico puramente induttivo, lo sfasamento di 90° in anticipo di V_{pd} rispetto a I_L e lo sfasamento di 90° in ritardo della corrente I_L rispetto a V_u si compensano e quindi V_u e V_{pd} si sommano esattamente in fase tra loro. Il regolatore, sentendo un aumento della tensione di riferimento pari a V_{pd} , riduce l'eccitazione e quindi V_u per riportare $V_u + V_{pd}$ al livello preimpostato a vuoto.

Con corrente capacitiva I_c , V_u e V_{pd} sono esattamente in opposizione di fase tra loro (V_{pd} negativa) e quindi $V_u + V_{pd}$ è inferiore a V_u . In questo caso il regolatore sovraccita il generatore.

Questo si traduce, a seconda della situazione, nei comportamenti seguenti:

- ⇒ nel funzionamento in singolo, al collegamento di un carico induttivo (capacitivo) si verificherà una diminuzione (aumento) della tensione V_u del generatore proprio del valore V_{pd} , proporzionale quindi al carico (fig. 1.3.2).
- ⇒ nel funzionamento in parallelo con una rete a tensione fissa V_n minore (maggiore) di quella preimpostata al generatore V_u , si instaura una circolazione di corrente reattiva induttiva (capacitiva) dal generatore sincrono verso la rete che fa aumentare la tensione indotta nel PD, costringendo il regolatore a sottoeccitare (sovraccitare) la macchina e limitando quindi l'entità della corrente stessa.

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.

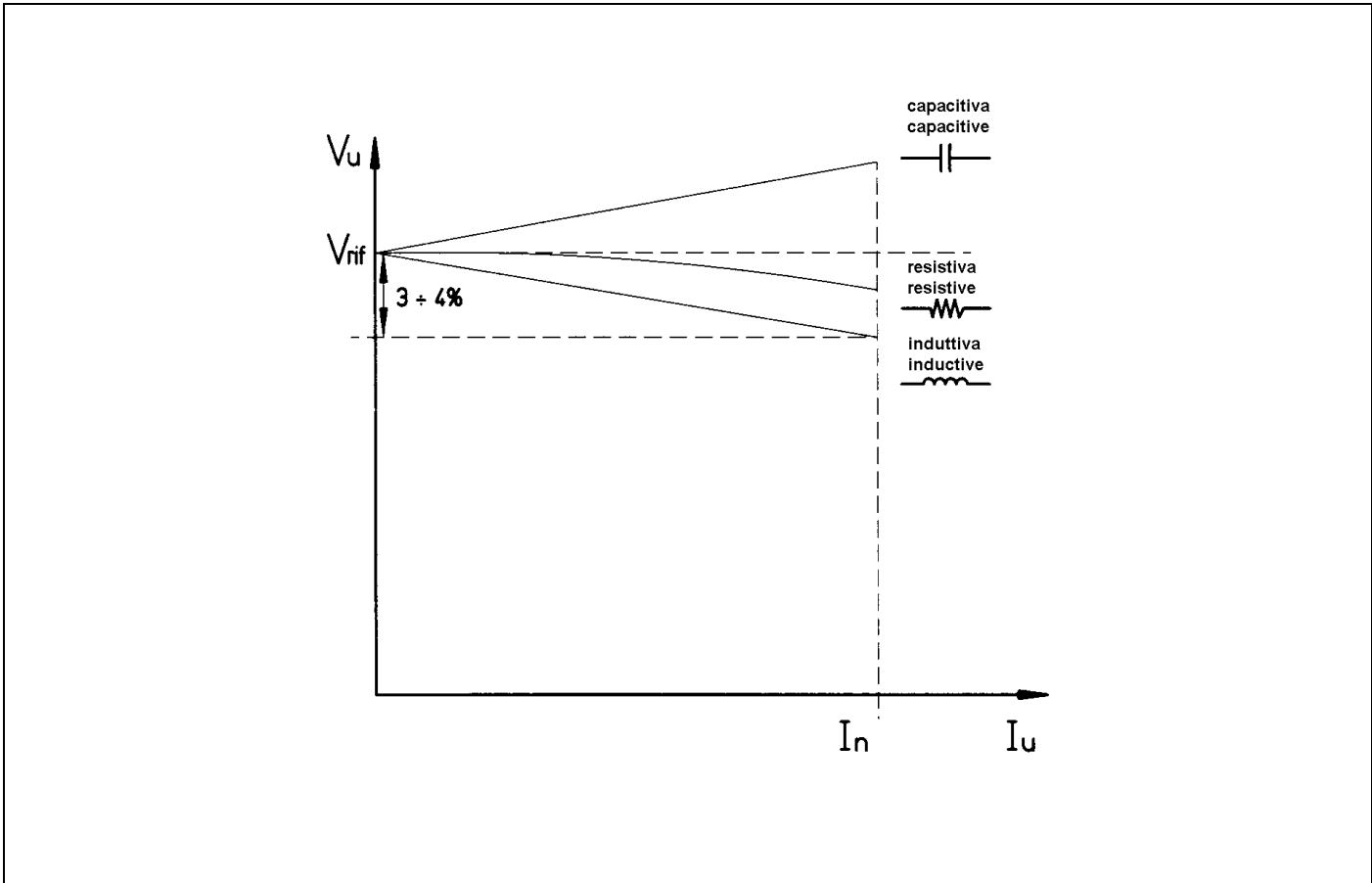


fig. 1.3.2

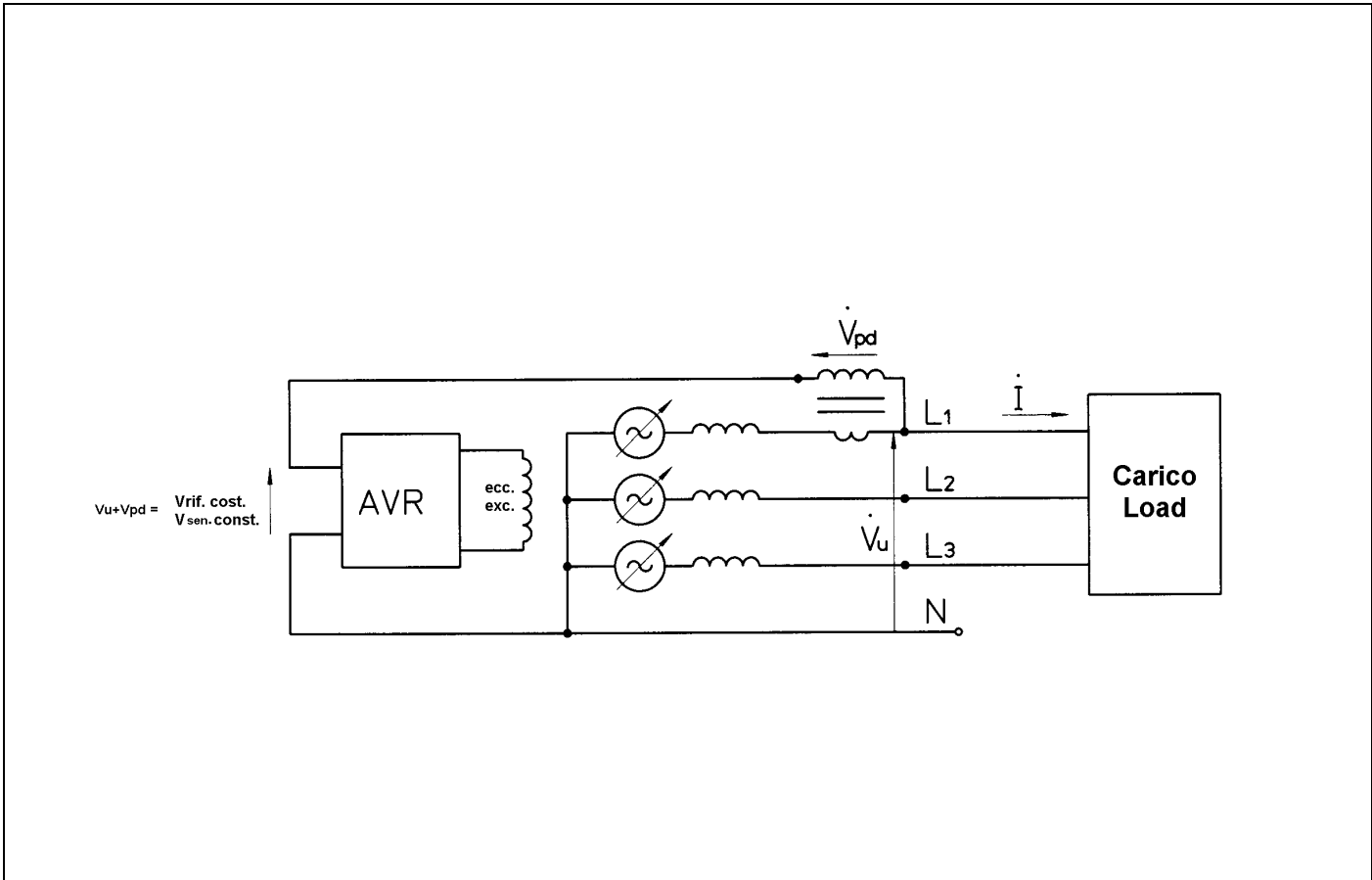


fig. 2.1

Da quanto sopra è chiaro che, il PD ben dimensionato insieme con il regolatore elettronico in retroazione e collegati correttamente, hanno le seguenti proprietà:

- A. si comportano analogamente ad un sistema con una reattanza in serie pari alla costante K_{pd} del PD;
- B. sono, in un sistema di parallelo tra più generatori, necessari e sufficienti per stabilizzare e ripartire la sola componente reattiva di corrente, in quanto la corrente reattiva totale dipende esclusivamente dai carichi collegati;
- C. sono, in un sistema di parallelo tra generatore e rete, necessari e sufficienti per stabilizzare la corrente reattiva, ma non per regolarla, in quanto nella rete sono presenti altri alternatori sincroni sui quali non abbiamo possibilità di controllo.

Nota 2.1) Per collegamento corretto si intende anche il verso di attraversamento della corrente di fase nel nucleo del PD. La sua inversione, rispetto ai morsetti della bobina secondaria (fig. 2.1), implica un comportamento opposto a quanto sopra descritto. Nel funzionamento in singolo quindi si avrà una caratteristica Tensione-Corrente opposta a quella di fig.1.3.2, senza gravi problemi. Nel funzionamento in parallelo con la rete si instaura una circolazione di corrente reattiva dipendente dalla tensione impostata sul generatore sincro, come già visto sopra. A causa dell'inversione però la corrente induttiva fa aumentare la tensione indotta nel PD in controfase con V_u , costringendo il regolatore a sovraccitare la macchina e incrementando quindi l'entità della corrente stessa anziché limitarla. In questo caso il processo ha termine quando l'AVR fornisce tutta la tensione di eccitazione disponibile con correnti molte volte superiori alla nominale. Nel caso di corrente capacitiva invece il processo si ferma quando l'AVR è completamente spento e la corrente stabile ad un valore non necessariamente superiore al nominale. Se non interviene alcuna protezione tale stato di stabilità può trarre in inganno, ma è facilmente riconoscibile dal fatto che la tensione continua di eccitazione, misurabile ai morsetti + e - dell'AVR (cavi giallo-blu), è inferiore a 0.5 Volt. Comunque, per non arrecare gravi danni all'alternatore e/o ad altri componenti del sistema, è necessario essere in grado di sezionare il circuito con rapidità.

Il buon dimensionamento del PD consiste nell'assicurare la stessa caduta di tensione ad ogni generatore quando ciascuno eroga la propria corrente nominale. La caduta convenzionale adottata dalla Mecc Alte è dal 3% al 4% della tensione nominale.

Il PD è provvisto di varie derivazioni per adattarsi alle situazioni possibili.

In un sistema di parallelo tra più generatori si hanno quindi le possibilità elencate nella tabella 2.1.

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 counterphase 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.

caso case	tipologia di macchina machine type	tipo di riferimento utilizzato type of sensing used	tensione V* di riferimento al regolatore voltage V* as sensing for the regulator (Volt)	Vpd a corrente nominale Voltage Vpd with nominal current (3-4% V*) (Volt)	colore cavi di uscita colour of the output cables
1*	6 morsetti/ <i>terminals</i> 230/400V o 12 morsetti/ <i>terminals</i> 230/400/460/800V	monofase <i>single-phase</i>	230	7-9	giallo***-rosso <i>yellow***-red</i>
2	6 morsetti/ <i>terminals</i> 230/400V o 12 morsetti/ <i>terminals</i> 230/400/460/800V	trifase** <i>three-phase**</i>	230 (x3)	21-27	giallo***-nero <i>yellow***-black</i>
3	12 morsetti/ <i>terminals</i> 115/200/230/400V	monofase <i>single-phase</i>	115	3.5-4-5	rosso***-verde <i>red***-green</i>
4	12 morsetti/ <i>terminals</i> 115/200/230/400V	trifase** <i>three-phase**</i>	115 (x3)	10.5-13.5	giallo***-verde <i>yellow***-green</i>

*) caso al quale è necessario riportarsi per l'utilizzo con il regolatore di fattore di potenza PFR nel parallelo con la rete;
 **) solo con regolatore tipo UVR6;
 ***) da collegare in serie al cavo verde di riferimento proveniente dal morsetto dell'alternatore.

*) 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.

tab. 2.1

E' importante precisare che l'insieme PD più regolatore elettronico influenzano solo la tensione di uscita e la corrente reattiva di circolazione.

Per quanto riguarda il controllo della velocità (frequenza), controllo della coppia (potenza attiva), sincronismo per la messa in parallelo, ecc., tutte queste grandezze dovranno essere gestite da un sistema esterno ai generatori essendo tali parametri dipendenti dal sistema di trascinamento dell'alternatore (motore, turbina, o altro).

In presenza di forti variazioni della tensione di rete (superiori a V_{pd} nominale), tipiche di linee lunghe (con impedenza elevata) con carichi elevati, il PD può non essere sufficiente a limitare la corrente erogata dall'alternatore entro il suo valore nominale, a meno che non si aumenti la costante K_{pd}. In questo caso è opportuno eseguire una regolazione fine dell'eccitazione con un dispositivo retroazionato sulla grandezza che si desidera controllare, ad es. il cosφ o la corrente reattiva. Il PFR (Power Factor Regulator) è il dispositivo progettato dalla Mecc Alte per questo scopo.

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 V_{pd}) 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 K_{pd} 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 cosφ or the reactive current. The PFR (Power Factor Regulator) is the device designed by Mecc Alte to such purpose.

3) II REGOLATORE DI FATTORE DI POTENZA (PFR)

3.1) Descrizione

Il PFR costruito dalla Mecc Alte è un dispositivo che, abbinato ad un regolatore di tensione elettronico SR7 o UVR6, provvede a controllare la corrente reattiva (Volt Ampere Reattivi, VAR) o l'angolo di fase φ tra le componenti fondamentali (armoniche escluse) di tensione e corrente, ovvero il $\cos\varphi$ di una delle tre fasi dei generatori sincroni funzionanti in parallelo con la rete, consentendo in tale modo di sfruttare i suddetti impianti nelle condizioni di rendimento migliore. Tale controllo è necessario, perché altrimenti una qualsiasi variazione della tensione di rete provocherebbe variazioni ampie e spesso intollerabili, dei VAR erogati dalla macchina. E' noto infatti che la potenza reattiva non corrisponde a potenza generata verso la rete, ma provoca perdite addizionali sulla macchina stessa.

Tuttavia gli impianti di utilizzazione dell'energia elettrica richiedono di solito una certa quantità di energia reattiva, presentando un diagramma di potenze del tipo indicato in fig. 3.1.1.

Da tale diagramma risulta evidente che la potenza apparente, che determina il grado di utilizzazione della macchina, non coincide in generale con la potenza utile, cioè la potenza attiva, ma è ad essa superiore, a meno che i VAR non siano nulli e di conseguenza il $\cos\varphi$ sia pari a uno. Conviene quindi in generale operare in modo da limitare al minimo i VAR scambiati con la rete compatibilmente con i vincoli contrattuali imposti dal gestore della stessa.

E' bene ricordare a questo proposito che l'entità della potenza attiva generata dalla macchina (misurata in Watt), dipende esclusivamente dalla coppia applicata al suo albero dal motore primo che la genera (motore a scoppio, idraulico o turbina). Regolando tale motore si regola quindi la potenza attiva dell'alternatore.

A seconda delle condizioni, può essere conveniente funzionare a VAR costanti o a $\cos\varphi$ costante. Quando si opera a $\cos\varphi$ costante, all'aumentare della potenza attiva il PFR fa' aumentare in proporzione anche i VAR generati dall'alternatore. Invece operando a VAR costanti, il PFR agisce in modo che, all' aumentare della potenza attiva della macchina il $\cos\varphi$ aumenti progressivamente.

Il PFR agisce sul regolatore elettronico dell'alternatore, e va quindi opportunamente collegato ad esso. Sono inoltre necessari (fig.3.1.2) l'uso del "dispositivo di parallelo" che consente di rilevare la corrente generata dalla macchina e opportuni collegamenti per rilevare la tensione di macchina.

Per mezzo dei segnali di corrente e di tensione così ottenuti il PFR è in grado di misurare le componenti attiva, reattiva e l'angolo di fase della corrente generata.

La componente attiva è proporzionale ai Watt mentre la reattiva è proporzionale ai VAR.

Quando il dispositivo funziona a controllo di corrente reattiva, questa è comparata con un segnale di riferimento interno, viene quindi generato un segnale di errore che agendo sul regolatore di tensione modifica l'eccitazione dell'alternatore.

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 the generator's excitation.

Quando invece funziona come controllo a $\cos\phi$ costante i segnali di tensione e corrente vengono opportunamente elaborati ed infine confrontati con un segnale di riferimento interno, l'eventuale segnale di errore generato agisce sul regolatore di tensione e quindi sull'eccitazione del generatore.

Il dispositivo consente, tramite la connessione esterna dei morsetti 5-6, che può essere effettuata da un contatto ausiliario dell'interruttore di parallelo con la rete, di funzionare solamente quando l'interruttore è chiuso, diversamente è possibile solo regolare la tensione a vuoto. Chiudendo invece tale contatto durante la fase di sincronismo antecedente alla chiusura del parallelo, il PFR equalizza le tensioni tra i morsetti 1-0 e 1-2, consentendo anche di operare in modo che la tensione a vuoto dei generatore segua perfettamente la tensione di rete in fase di sincronismo, e quindi di eseguire il parallelo con la rete senza forti correnti di circolazione transitorie. Per questa modalità di funzionamento è necessario fornire al PFR, con un cablaggio opportuno (vedi paragrafo 3.2, punto C), il riferimento della tensione di rete.

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 on 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).

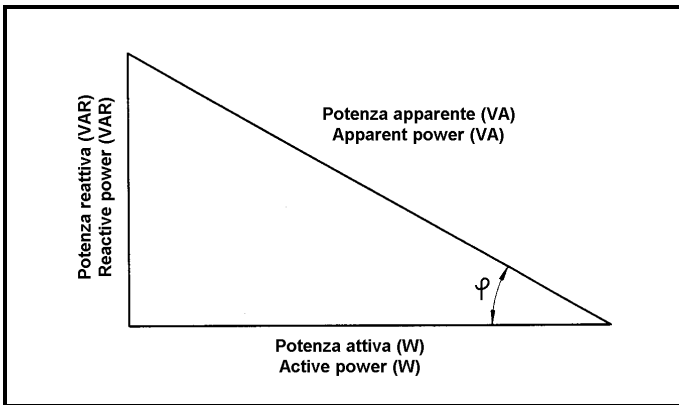


fig. 3.1.1

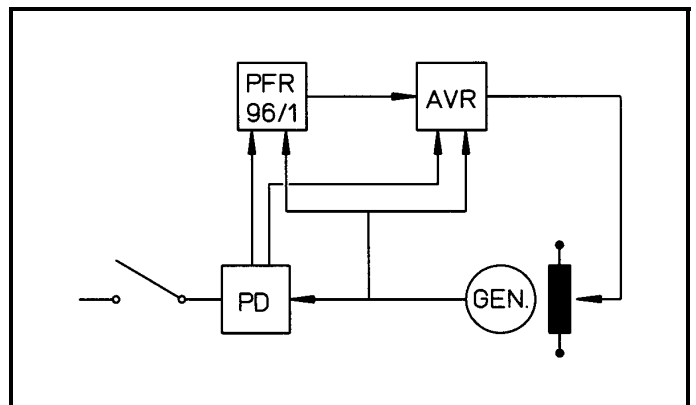


fig. 3.1.2

caso case	stato dell'interruttore di parallelo rete state of the parallel network switch	stato del contatto tra i morsetti 5-6 del PFR state of the contact between terminals n°5 and 6 of the PFR	Modalità di funzionamento del PFR Types of operation of the PFR
A	chiuso on	chiuso on	in controeazione a corrente reattiva costante constant reactive current feedback
B	chiuso on	chiuso on	in controeazione a $\cos\phi$ costante (solo per potenza attiva superiore al 20% della nominale) constant $\cos\phi$ feedback (only in the case of an active power higher than 20% of the nominal one)
C	aperto off	chiuso on	in controeazione di tensione di rete in fase di sincronismo network voltage feedback during the synchronism phase
D	aperto off	aperto off	regolatore di tensione remoto remote voltage regulator
E	chiuso on	aperto off	non previsto not provided for

tab. 3.2.1

Abbinato ad un sincronizzatore di fase, ciò rende possibile il parallelo automatico anche con reti a tensione molto variabile.

Il PFR funziona correttamente anche con rete senza neutro con l'alternatore collegato a stella o a triangolo sia per parallelo manuale che automatico ed è equipaggiato con le segnalazioni necessarie per renderne l'utilizzo il più facile possibile.

3.2) Caratteristiche tecniche

Il PFR è eseguito in un contenitore standard (foratura DIN 43700) che consente un facile montaggio su pannello.

L'alimentazione viene prelevata direttamente dalla fase del generatore sincrono, pertanto, se questo fosse del tipo a 12 cavi collegati in serie-stella, per rispettare il limite di tensione minima imposto dal PFR, sarà indispensabile riportarsi al cablaggio del caso n°1 della tabella 2.1 utilizzando il riferimento monofase (con ponticelli se il regolatore è previsto di riferimento trifase) collegato tra morsetto di uscita e centrostella (anziché sulla mezza fase come previsto dal cablaggio standard).

Sul frontale ci sono tre potenziometri, uno per la taratura della tensione a vuoto, un secondo per la regolazione della corrente reattiva desiderata, infine il terzo per la regolazione del $\cos\phi$ desiderato. La taratura dei potenziometri deve essere fatta solo quando è acceso il rispettivo led, diversamente non si ha alcun effetto di regolazione.

Il controllo della grandezza prescelta avviene attraverso una tensione continua compresa tra 4 e 12 Volt che, dal morsetto di uscita n°7 del PFR collegato al morsetto del potenziometro remoto dell'AVR, ne sposta il riferimento interno e quindi pilota l'eccitazione del generatore sincrono.

Una variazione di eccitazione ha naturalmente effetti diversi a seconda che il generatore sia connesso alla rete o meno. Nel primo caso la tensione ai morsetti della macchina è fissata dalla rete e l'effetto è una variazione nel flusso di potenza reattiva; nel secondo caso sono le potenze attiva e reattiva ad essere fissate dai carichi e pertanto si avrà una variazione di tensione ai morsetti della macchina. La tensione continua di controllo è misurabile con un voltmetro tra il morsetto 7 e massa (1,4,5 o 8) del PFR. E' possibile verificare il funzionamento del sistema tenendo presente che se la tensione di controllo diminuisce verso i 4 Volt (aumenta verso i 12 Volt), il PFR tende a sovra(sotto)eccitare l'alternatore, rispetto a quanto farebbe con il solo PD installato, con le conseguenze sopra descritte.

Le possibilità di funzionamento del PFR sono riassunte nella tabella 3.2.1 a pagina 13.

A-B) In parallelo rete e con il contatto tra i morsetti 5 e 6 chiuso, un deviatore sul pannello consente di selezionare tra le modalità A o B quella desiderata. Se la coppia, ovvero la potenza attiva, erogata è nulla, il $\cos\phi$ non è misurabile. In questo caso, se si è selezionato il modo B, si avrà una commutazione automatica dalla modalità B

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 $\cos\phi$. 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 13.

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 $\cos\phi$ cannot be measured. In such a case, if procedure B is chosen, this will automatically

alla A quando la corrente dell'alternatore scende sotto il 10% della corrente nominale, e analogamente dalla modalità A alla B quando la corrente dell'alternatore sale oltre il 20% della corrente nominale.

La modalità di funzionamento attiva viene comunque segnalata dall'accensione del led relativo.

- C) Tale modalità si realizza chiudendo il contatto tra i morsetti 5 e 6 prima dell'ingresso in parallelo ed è prevista per reti con sbalzi di tensione tali da impedire il consenso al parallelo da parte del sincronizzatore. In questa fase il PFR regola l'eccitazione dell'alternatore in modo da adeguare la sua tensione a quella di rete. Una volta chiuso anche l'interruttore di parallelo rete, il PFR passa automaticamente alla modalità A o B.

Perché tale caratteristica possa essere utilizzata, è necessario fornire al morsetto 2 del PFR il riferimento di tensione di quella fase della rete corrispondente alla fase del generatore utilizzata come riferimento per l'AVR. Supponendo che questa sia la L1-N in caso di collegamento a stella e L1-L2 in caso di collegamento a triangolo, il cablaggio corretto si otterrà a seconda della situazione seguente:

- C1) se il neutro è connesso permanentemente al centrostella: semplicemente collegando la fase L1 lato rete al morsetto 2 del PFR;
- C2) con reti a neutro isolato o sezionabile e generatore collegato a stella: sono necessari due trasformatori con rapporto 3:1 con i primari collegati rispettivamente tra L1-L2 e L1-L3 ed i secondari in serie con un capo al centrostella del generatore e l'altro al morsetto 2 del PFR. La tensione risultante sulla serie è proprio $(V_{1-2} + V_{1-3})/3 = V_{L1}$
- C3) con reti a neutro isolato e generatore collegato a triangolo: è necessario un trasformatore con rapporto 1:1 con il primario collegato tra L1-L2 ed il secondario tra centrostella del generatore e morsetto 2 del PFR.

I trasformatori di isolamento impiegati nei casi C2 e C3 devono avere una potenza non inferiore ai 20 VA. Una verifica globale dei trasformatori e del cablaggio è possibile spostando provvisoriamente i collegamenti dei primari descritti in C2 e C3 sul lato del generatore e misurando la tensione alternata tra i morsetti 0-2 del PFR con il generatore a vuoto; se è nulla è tutto corretto, se è dell'ordine di pochi volt il cablaggio è corretto ma i trasformatori sono imprecisi, se ha un valore compreso tra il 50% ed il 200% di V_{L1-N} , il cablaggio è sicuramente errato.

switch to procedure 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.

D) In tale modalità, comandata dall'apertura del contatto tra i morsetti 5-6, il PFR consente la regolazione a distanza della tensione generata dall'alternatore ed è prevista per equalizzare manualmente la tensione dell'alternatore a quella di rete con precisione. Questa regolazione va utilizzata comunque solo ed esclusivamente per la taratura fine; la regolazione principale (entro pochi %) deve essere eseguita sul regolatore di tensione del generatore prima del collegamento del PFR.

Il PFR ha anche sul frontale due segnalazioni luminose (led rossi) che sono: "non regola" e "potenza inversa". La segnalazione, "non regola", si accende quando la tensione di rete differisce dalla tensione nominale dell'alternatore di +15% o -10%, quando l'alternatore è in sovraccarico o quando la corrente reattiva diventa troppo grande. La segnalazione di "potenza inversa", si accende quando il generatore assorbe potenza attiva dalla rete, cioè quando il motore di trascinamento non eroga potenza e l'alternatore funziona da motore. Questa segnalazione è anche accesa nel caso in cui il segnale di corrente proveniente dal PD sia connesso ai morsetti 3-4 del PFR con senso rovesciato.

N.B.: il PFR non fornisce alcuna protezione in caso di malfunzionamenti dell'alternatore, del motore primo, del carico o di malfunzionamenti indicati dalle spie luminose del PFR stesso. Il sistema dovrà pertanto essere fornito di tutte le protezioni previste dallo stato dell'arte e dalle norme vigenti.

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) Dati tecnici del PFR

3.3.) PFR technical Data

SEGNALE DI TENSIONE VOLTAGE SIGNAL		
Tensione / Voltage	170 ÷ 270 Volt	
Frequenza / Frequency	50 ÷ 60 Hz	
Fasi / Phases	monofase / single-phase	
Potenza / Power	15 VA	
Fusibile / Fuse	100 mA	
SEGNALE DI CORRENTE CURRENT SIGNAL		
Tensione / Voltage	14 ÷ 18 Volt ac a corrente nominale / at nominal current	
Frequenza / Frequency	50 ÷ 60 Hz	
Fasi / Phases	monofase / single-phase	
Potenza / Power	0.5 VA	
SEGNALE DI USCITA OUTPUT SIGNAL		
	0 ÷ 17 Vdc su 100kΩ	
CAMPO DI REGOLAZIONE REGULATION FIELD	fondo scala in verso antiorario anticlockwise full-scale	fondo scala in verso orario clockwise full-scale
Potenziometro Tensione Voltage potentiometer	-10% della tensione di uscita dell'alternatore -10% of the generator's output voltage	+10% della tensione di uscita dell'alternatore +10% of the generator's output voltage
Potenziometro cosφ Cosj potentiometer	0.75 capacitivo leading 0.75	0.35 induttivo inductive 0.35
Potenziometro corrente reattiva Reactive current potentiometer	15% della corrente nominale - capacitivo 15% of nominal current - leading	110% della corrente nominale- induttivo 110% of nominal current- inductive
PRECISIONE DELLA CORRENTE REATTIVA ACCURACY OF REACTIVE CURRENT		
a cosφ costante / with constant cosj	±4% della corrente nominale ±4% of nominal current	
a corrente reattiva costante / with constant reactive current	±4% della corrente nominale ±4% of nominal current	
TEMPERATURA DI FUNZIONAMENTO OPERATION TEMPERATURE		
	-25 ÷ +70 °C	
MONTAGGIO / ASSEMBLY		
	su pannello / on panel	
FINITURE / FINISHINGS		
	contenitore in alluminio anodizzato bianco, cornici in plastica nere, scritte serigrafate nere White anodised aluminium case, black plastic frames, black screen printed inscriptions	
PESO / WEIGHT		
	0.570 Kg	

4) CONDIZIONI PRELIMINARI ALL'INSERZIONE IN PARALLELO

Per uno stabile funzionamento in parallelo di due o più alternatori è necessario che questi siano dotati di gabbia di smorzamento per ridurre le oscillazioni.

L'aspetto più importante nella messa in parallelo di alternatori è il corretto sincronismo. Prima di procedere alla messa in parallelo di due o più alternatori, questi devono essere sincronizzati e le seguenti condizioni fondamentali devono essere garantite:

- 1) tutti i sistemi devono avere la stessa frequenza
- 2) tutti i sistemi devono avere la stessa fase
- 3) tutti i sistemi devono avere la stessa tensione
- 4) tutti i sistemi devono avere lo stesso senso ciclico di rotazione delle fasi.

Non soddisfare queste condizioni può provocare danni meccanici ed elettrici ai vari componenti del sistema. Per poter effettuare una operazione di parallelo è richiesta una minima dotazione di strumenti, così definita:

- 1) un amperometro
- 2) un wattmetro
- 3) un relè di protezione di potenza inversa
- 4) un voltmetro
- 5) un frequenzimetro
- 6) un sincronoscopio

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) VERIFICA DEL PARALLELO CON ALTERNATORI REGOLATI ELETTRONICAMENTE

5.1) Parallelo tra alternatori in isola

5.1.1) Verifica cablaggi con PD.

Il parallelo deve funzionare in modo stabile con il PD correttamente installato. In tal caso l'interscambio di corrente reattiva tra alternatori dipende esclusivamente dai due fattori seguenti:

- a) differenza tra la tensione impostata sugli alternatori
- b) tensione di uscita alla bobina secondaria del PD

Controllare su ogni alternatore la conformità del cablaggio allo schema utilizzato ed in particolare i punti seguenti (vedere tabella 5.2) :

- 5.1.1.a) il nucleo del PD deve essere attraversato dal cavo della **stessa fase di potenza utilizzata come riferimento** di tensione dell'AVR; se il riferimento è trifase, la fase corretta è quella il cui riferimento è collegato in serie alla bobina secondaria del PD
- 5.1.1.b) le bobine del PD (giallo-rosso-verde-nero) devono garantire la **continuità**;
- 5.1.1.c) la bobina secondaria del PD deve essere collegata tra il morsetto di potenza e l'ingresso dell'AVR in serie al cavetto verde di riferimento di tensione.
- 5.1.1.d) l'eventuale **ponticello** che cortocircuita la bobina secondaria del PD (tra 0 e 1 dell'UVR6 o su morsettiera separata con SR7) **deve essere rimosso**.

5.1.2) Avviare i gruppi elettrogeni.

5.1.3) Regolare la tensione a vuoto dei generatori allo **stesso valore** tramite il potenziometro "VOLT" dell'AVR.

5.1.4) Regolare la stabilità dei generatori tramite il potenziometro "STAB" dell'AVR ruotandolo in verso antiorario fino ad un punto per cui nessun generatore produca oscillazioni di tensione a vuoto.

5.1.5) Eseguire le seguenti verifiche:

5.1.5.a) **Numero di spire dell'avvolgimento di potenza e traferro**: devono coincidere con quanto indicato sulla tabella 5.1; in mancanza di dati certi il numero di spire è tale che, con la **corrente nominale**, si deve misurare all'uscita della bobina secondaria del PD la tensione indicata in tabella 2.1.

5.1.5.b) **Verso dell'avvolgimento di potenza**: applicare ai morsetti dell'alternatore un carico induttivo di almeno $0.5 \times P_n$; in questa condizione, cortocircuitando la bobina secondaria del PD, la tensione ai morsetti deve aumentare proporzionalmente al carico applicato fino ad un massimo di un 4% con carico nominale a $\cos\phi=0$ induttivo.

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 anticlockwise 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 $\cos\phi=0$, by short-circuiting the PD's secondary coil the terminal voltage should increase proportionally to the applied load up to a maximum of 4%.

Se si verificasse l'opposto, invertire il verso di attraversamento della corrente di potenza nel PD (N.B.: è anche possibile invertire i terminali di uscita della bobina secondaria del PD, ma in questo caso sarà necessario invertire tutte le altre bobine del PD eventualmente utilizzate).

N.B.: il collegamento errato del PD implica durante il parallelo, un comportamento instabile che può dare luogo a corrente reattiva molto superiore alla nominale in tempi dell'ordine dei secondi. Pertanto, se si vuole entrare in parallelo senza la certezza della verifica (5.1.5.b), è indispensabile essere preparati a sezionare il circuito di potenza con rapidità (vedi paragrafo 2, nota 2.1).

5.1.6) Entrare in parallelo seguendo le normali procedure del caso.

Se la corrente presentasse dei valori elevati o instabili la causa può essere una delle seguenti:

5.1.6.a) oscillazioni di coppia del motore termico. Tale inconveniente è evidenziato dall'indicazione dei wattmetri di quadro; in questo caso intervenire sullo statismo del motore o contattare il costruttore dello stesso;

5.1.6.b) Errore di cablaggio o di taratura dei potenziometri. In questo caso non è stata eseguita correttamente una delle verifiche precedenti e pertanto è necessario ripeterle.

5.1.7) Applicare il massimo carico disponibile, entro il limite di ciascun generatore. I rapporti tra la tensione alternata ai capi della bobina secondaria del PD e la rispettiva tensione di riferimento del regolatore devono essere quanto più omogenei possibile. Questo consente di assicurare un corretto dimensionamento dell'avvolgimento del PD e di conseguenza una omogenea ripartizione tra i generatori in parallelo della potenza reattiva richiesta dai carichi.

5.2) Parallelo con la rete

Verifica cablaggi con PD.

In assenza di variazioni di tensione di rete, il parallelo deve funzionare in modo stabile con il solo PD correttamente installato anche in assenza del PFR. In tal caso l'interscambio di corrente reattiva tra alternatore e rete dipende esclusivamente dai due fattori seguenti:

- a) differenza tra la tensione impostata all'alternatore e la tensione di rete
- b) tensione di uscita alla bobina giallo-rosso del PD.

5.2.1) Disattivare quindi il PFR interrompendo la connessione tra il morsetto n°7 del PFR (morsetto di uscita del segnale di controllo) e l'UVR6 o l'SR7.

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 SR7.

N.B.: Per disattivare il PFR non è sufficiente aprire solo la connessione tra i morsetti n° 5 e 6 del PFR in quanto in tale modo questo funziona da regolatore remoto di tensione tramite il potenziometro "voltage".

5.2.2) Controllare la conformità del cablaggio allo schema utilizzato ed in particolare i punti seguenti (vedere tabella 5.2):

5.2.2.a) il **riferimento** di tensione con UVR6 deve essere **monofase**, pertanto i cavi di riferimento tra i morsetti di potenza dell'alternatore ed i morsetti 3,4,5,6 dell'UVR6 eventualmente presenti vanno scollegati dall'UVR6 stesso ed isolati. I morsetti 2,4,6 dell'UVR6 devono essere collegati tra loro con opportuni ponticelli, e lo stesso dicasi per i morsetti 1,3,5 dell'UVR6;

5.2.2.b) il nucleo del PD deve essere attraversato dal cavo della **stessa fase di potenza utilizzata come riferimento** di tensione dell'AVR;

5.2.2.c) le bobine del PD (giallo-rosso-verde-nero e bianco-blu-nero) devono garantire la **continuità**;

5.2.2.d) la bobina giallo-rosso del PD deve essere collegata in serie al cavetto verde di riferimento di tensione dell'AVR;

5.2.2.e) l'eventuale **ponticello** che cortocircuita la bobina giallo-rosso del PD (tra 0 e 1 dell'UVR6 o su morsettiera separata con SR7) **deve essere rimosso**.

5.2.2.f) la tensione di riferimento dell'AVR deve coincidere con la tensione fase-neutro di rete, pertanto il cavetto verde di **riferimento** deve essere collegato al cavo di **uscita principale**, anziché sul collegamento in serie delle due semifasi come avviene nel cablaggio standard degli alternatori con 12 cavi in serie-stella.

5.2.3) Avviare il gruppo elettrogeno.

5.2.4) Regolare la tensione del generatore allo **stesso valore della tensione di rete** tramite il potenziometro "VOLT" dell'AVR.

5.2.5) Regolare la stabilità del generatore al **massimo** tramite il potenziometro "STAB" dell'AVR ruotandolo completamente in verso antiorario.

5.2.6) Eseguire le seguenti verifiche:
sul PFR:

5.2.6.a) Con un voltmetro in alternata, le tensioni tra i morsetti 0-1 e 1-2 devono essere uguali e pari alla tensione fase-neutro. La tensione tra 0-2 deve essere nulla (se si utilizza l'opzione di equalizzazione automatica delle tensioni tra generatore e rete, tale condizione si verifica solo quando le tensioni sono sincronizzate); in caso contrario si è commesso un errore nel cablaggio.

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 semiphases 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.

sul PD:

5.2.6.b) **Numero di spire dell'avvolgimento di potenza e traferro:** devono coincidere con quanto indicato sulla tabella 5.1; in mancanza di dati certi il numero di spire è tale che, con la **corrente nominale**, si deve misurare all'uscita giallo-rosso una tensione pari a circa il **7÷9 V**.

5.2.6.c) **Verso dell'avvolgimento di potenza:** applicare ai morsetti dell'alternatore un carico induttivo di almeno $0.5 \times P_n$; in questa condizione, cortocircuitando la bobina giallo-rosso del PD, la tensione ai morsetti deve aumentare proporzionalmente al carico applicato fino ad un massimo di un 4% con carico nominale a $\cos\varphi=0$ induttivo. Se si verificasse l'opposto, invertire il verso di attraversamento della corrente di potenza nel PD (N.B.: è anche possibile invertire i terminali di uscita del PD, ma in questo caso sarà necessario invertire tutte le altre bobine del PD eventualmente utilizzate).

N.B.: il collegamento errato del PD implica, durante il parallelo, un comportamento instabile che può dare luogo a corrente reattiva molto superiore alla nominale in tempi dell'ordine dei secondi. Pertanto, se si vuole entrare in parallelo senza la certezza della verifica (6.b), è indispensabile essere preparati a sezionare il circuito di potenza con rapidità (vedi paragrafo 2, nota 2.1).

5.2.7.) Entrare in parallelo seguendo le normali procedure del caso e mantenere il valore di coppia del motore termico a zero.

Se la corrente reattiva presentasse dei valori elevati o instabili la causa può essere una delle seguenti:

5.2.7.a) oscillazioni di coppia del motore. Tale inconveniente è evidenziato dall'indicazione dei wattmetri di quadro; in questo caso intervenire sullo statismo del motore o contattare il costruttore dello stesso;

5.2.7.b) variazioni della tensione di rete all'inserzione di carichi elettrici. Tale inconveniente è dovuto ad un elevato valore dell'impedenza di linea. L'unico rimedio consiste nell'inserzione in parallelo di un alternatore di potenza adeguata alla richiesta di carico. Per ridurre le variazioni di corrente è possibile, in via **del tutto provvisoria**, aumentare la tensione di uscita del PD, incrementando ad es. il numero di spire di potenza, fermo restando che per il corretto funzionamento del PFR sarà necessario attenersi ai limiti di tensione di seguito riportati;

5.2.7.c) Errore di cablaggio. In questo caso non è stata eseguita correttamente una delle verifiche precedenti e pertanto è necessario ripeterle.

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) Una volta raggiunta una condizione di funzionamento stabile con bassa corrente reattiva, con un voltmetro in alternata controllare che la tensione ai morsetti 0-2 del PFR abbia un valore prossimo a zero. Se ciò non si verifica, la causa può essere una delle seguenti:
- 5.2.8.a) corrente attraverso il PD diversa da zero;
 - 5.2.8.b) errore di collegamento dei morsetti suddetti.
 - 5.2.8.c) rapporto di trasformazione errato dei TV della tensione di linea (presenti solo in caso di rete senza neutro ed equalizzazione automatica delle tensioni tra generatore e rete, vedi paragrafo 3.2 C2/C3).
- 5.2.9) Fornire potenza attiva tramite il regolatore di coppia del motore termico fino ad erogare una corrente prossima alla nominale. La tensione ai morsetti 3-4 del PFR deve essere compresa tra 10 e 16 Volt in alternata. Questo consente di assicurare un corretto dimensionamento dell'avvolgimento del PD.
- Contemporaneamente controllare la tensione ai morsetti 0-2 del PFR. Il suo valore deve essere circa metà di quello ai morsetti 3-4 del PFR in ogni condizione di carico. Se ciò non si verifica, è necessario ricercare la causa e rimuoverla per poter abilitare il PFR.

Verifica con PFR.

- 5.2.10) Spegnerne il gruppo elettrogeno e riattivare il PFR ripristinando la connessione tra il morsetto n°7 del PFR e l'AVR.
- 5.2.11) Avviare il gruppo elettrogeno.
In condizioni di vuoto il PFR deve mostrare per pochi secondi i led verde "VOLTAGE" e rosso "REVERSE POWER" accesi, dopo di che il secondo si deve spegnere automaticamente.
- 5.2.12) Regolare la tensione a vuoto del generatore allo **stesso valore della tensione di rete** tramite il potenziometro "VOLTAGE" del PFR.
Se la procedura finora è stata seguita correttamente la tensione tra i morsetti n°7 e 1 (massa) del PFR deve essere pari a circa 8 Volt in continua. Se il led rosso "OUT OF RANGE" fosse acceso, ruotare il potenziometro "VOLTAGE" fino a che la tensione tra i morsetti n°7 e 1 (massa) del PFR raggiunge il valore di 8-9 Volt ed il led suddetto non si spegne. A seguito di tale operazione la tensione dell'alternatore sarà cambiata e pertanto è necessario reimpostarla allo **stesso valore della tensione di rete** tramite il potenziometro "VOLT" dell'AVR (vedi 5.2.4).
- 5.2.13) Entrare in parallelo seguendo le normali procedure del caso.
A questo punto i led rossi "OUT OF RANGE" e "REVERSE POWER" devono risultare spenti ed è possibile regolare il $\cos\phi$ o la corrente reattiva a seconda della posizione dello switch posto sul PFR.

- 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 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 on the PFR.

L'unico potenziometro attivo sarà quello indicato dal led acceso a fianco del potenziometro stesso.

N.B.: per potere regolare il $\cos\phi$ è indispensabile disporre di un flusso di potenza attiva e quindi coppia al motore primo pari ad almeno il 10-20% della potenza nominale, altrimenti il PFR si imposterà automaticamente nel modo "corrente reattiva", indipendentemente dalla posizione dello switch selezionata.

Se il led rosso "REVERSE POWER" fosse acceso, la causa può essere una delle seguenti:

- 5.2.13.a) insufficiente erogazione di coppia da parte del motore primo;
- 5.2.13.b) inversione dei terminali collegati ai morsetti 3 e 4 del PFR.

Se i potenziometri di $\cos\phi$ o di corrente reattiva fossero stati starati rispetto alle impostazioni di fabbrica, il PFR cercherà di regolare la corrente reattiva al valore impostato, anche se questo fosse superiore alla corrente di intervento delle protezioni. In questo caso la ritaratura può risultare difficoltosa perché la corrente reattiva cresce rapidamente e le protezioni di sovracorrente intervengono tempestivamente. Se non fosse disponibile un PFR di ricambio con taratura originale, si può procedere come segue:

- scollegare il morsetto n°7
- collegare un voltmetro tra i morsetti 1-7 del PFR per la misura di tensione continua
- chiudere il parallelo
- predisporre il PFR per la regolazione di corrente reattiva e ruotare il relativo trimmer fino a quando la tensione V_{1-7} non comincia a cambiare
- predisporre il PFR per la regolazione di $\cos\phi$ e ruotare il relativo trimmer fino a quando la tensione V_{1-7} non comincia a cambiare. Se il trimmer non fosse attivo (spia spenta), fornire tramite il regolatore di velocità, la coppia necessaria ad attivarlo.
- ricollegare il morsetto n°7 (non è necessario spegnere il gruppo né aprire il parallelo)
- dopodiché la regolazione fine di corrente reattiva e di $\cos\phi$ risulta agevole.

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:

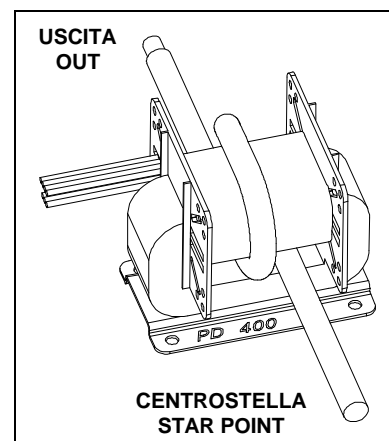
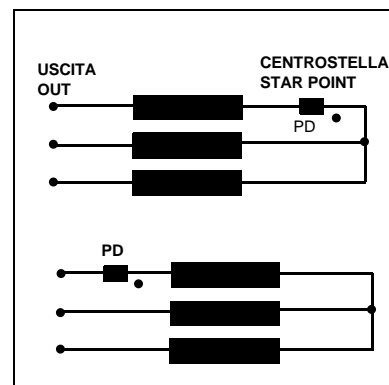
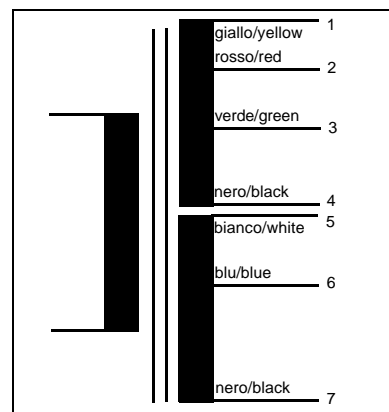
- 5.12.13.a) Insufficient torque supply from the prime mover;
- 5.12.13 b) Inversion of wires connected to terminals 3 and 4 of the PFR

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 recalibration 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 V_{1-7} starts changing;
- set the PFR ready for the adjustment of the $\cos\phi$, then turn the relevant trimmer until voltage V_{1-7} 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**

USCITA A 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
USCITA A 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
Fili da collegare al riferimento Sensing wires to connect	Riferimento monofase Single-phase sensing	giallo-rosso yellow-red 1 - 2	rosso-verde red-green 2 - 3	giallo-rosso yellow-red 1 - 2
	Riferimento trifase Three-phase sensing	giallo-nero yellow-black 1 - 4	giallo-verde yellow-green 1 - 3	giallo-nero yellow-black 1 - 4
Generatore tipo Generator type	Pn (kVA)	Traferro Air gap (mm)	Spire con cavo di uscita 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	
ECO28-VL/4	30	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	
ECO34-1SN/4	85	0,25	3	
ECO34-2SN/4	105	0,3	3	
ECO34-1LN/4	125	0,25	2	
ECO34-2LN/4	150	0,3	2	
ECO38-1S/4	180	0,2	1	
ECO38-2S/4	200	0,2	1	
ECO38-3S/4	225	0,25	1	
ECO38-1L/4	250	0,25	1	
ECO38-2L/4	300	0,3	1	
ECO38-3L/4	350	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)	
ECO40-1.5L/4	620	0,25		3 (*b)
ECO40-2L/4	680	0,35	1 (*b)	
ECO43-1SN/4	800	0,2		1 (*b)
ECO43-2SN/4	930	0,25		1 (*b)
ECO43-1LN/4	1100	0,3		1 (*b)
ECO43-2LN/4	1300	0,35		1 (*b)
ECO46-1S/4	1500	0,40		1 (*b)
ECO46-2S/4	1800	0,40		1 (*b)
ECO46-1L/4	2100	0,40		1 (*b)
ECO46-2L/4	2500	0,40		1 (*b)



(a) rotore speciale / special rotor
(b) una spira con uno solo dei due cavi n°1 / one turn with only one cable n°1

tab. 5.1

**SCHEMI DI COLLEGAMENTO PER PARALLELO RETE
NETWORK PARALLEL CONNECTION DIAGRAMS**

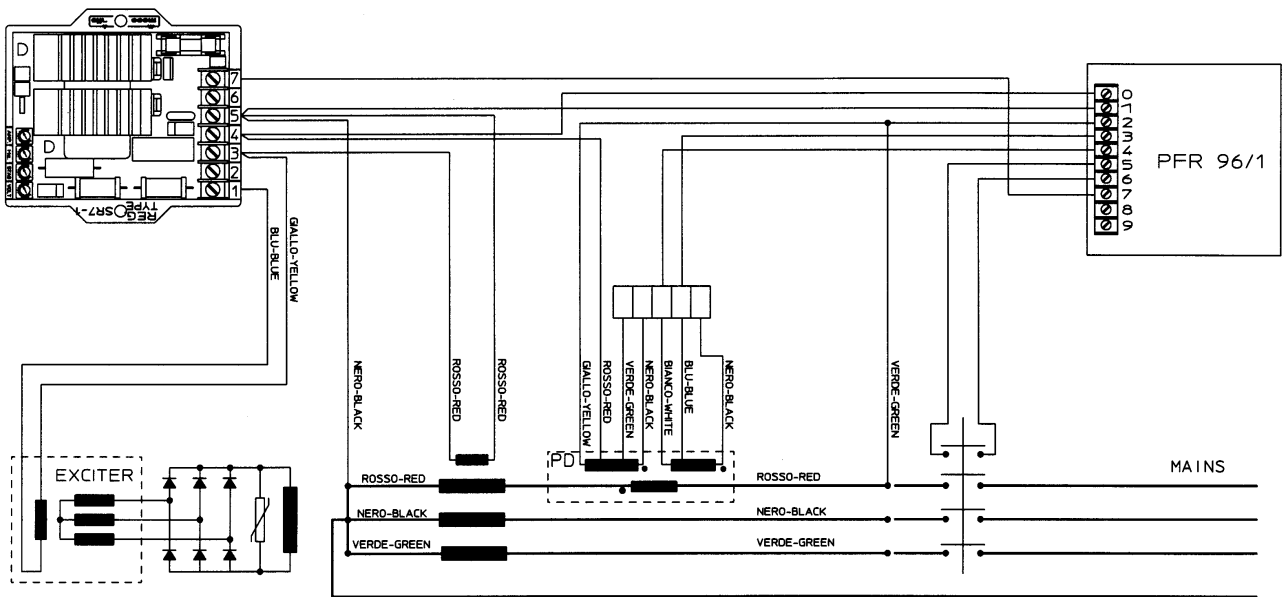
Tipo di regolatore <i>Regulator type</i>	collegamento <i>connection</i>	regolazione della tensione <i>voltage regulation</i>	centrostella <i>star point</i>	n° disegno <i>drawing n°</i>	pagina <i>page</i>
SR7	6 morsetti - stella <i>6 terminals - star</i>	manuale <i>manual</i>	disponibile <i>available</i>	A3640/01 A3640/03	27
SR7	6 morsetti - stella <i>6 terminals - star</i>	automatica <i>automatic</i>	disponibile <i>available</i>	A3922/00 A3922/02	28
SR7	12 morsetti - serie stella <i>12 terminals - series star</i>	manuale <i>manual</i>	disponibile <i>available</i>	A3637/01 A3637/03	29
SR7	12 morsetti - serie stella <i>12 terminals - series star</i>	automatica <i>automatic</i>	disponibile <i>available</i>	A3923/00 A3923/02	30
UVR6	12 morsetti - serie stella <i>12 terminals - series star</i>	manuale <i>manual</i>	disponibile <i>available</i>	A3170/03	31
UVR6	12 morsetti - serie stella <i>12 terminals - series star</i>	automatica <i>automatic</i>	disponibile <i>available</i>	A3924/02	31
UVR6	12 morsetti - parallelo stella <i>12 terminals - parallel star</i>	manuale <i>manual</i>	disponibile <i>available</i>	A3925/02	32
UVR6	12 morsetti - parallelo stella <i>12 terminals - parallel star</i>	automatica <i>automatic</i>	disponibile <i>available</i>	A3926/02	32

**SCHEMI DI COLLEGAMENTO PER PARALLELO TRA ALTERNATORI IN ISOLA
PARALLEL WITH LIKE GENERATORS CONNECTION DIAGRAMS**

SR7	6 morsetti - stella <i>6 terminals - star</i>	/	/	A2544/01 A2544/03	33
UVR6	6 morsetti - stella <i>6 terminals - star</i>	/	/	A2550/02	34
SR7	12 morsetti - riferimento 115 o 230V monofase <i>12 terminals - sensing 115 or 230V single phase</i>	/	/	A2545/01 A2545/03	34 35
UVR6	12 morsetti - riferimento 115 o 230V monofase <i>12 terminals - sensing 115 or 230V single phase</i>	/	/	A2549/02	35
UVR6	6 morsetti - riferimento 230V trifase <i>6 terminals - sensing 230V three phase</i>	/	/	A2548/03	36
UVR6	12 morsetti - riferimento 115 o 230V trifase <i>12 terminals - sensing 115 or 230V three phase</i>	/	/	A2552/02	36

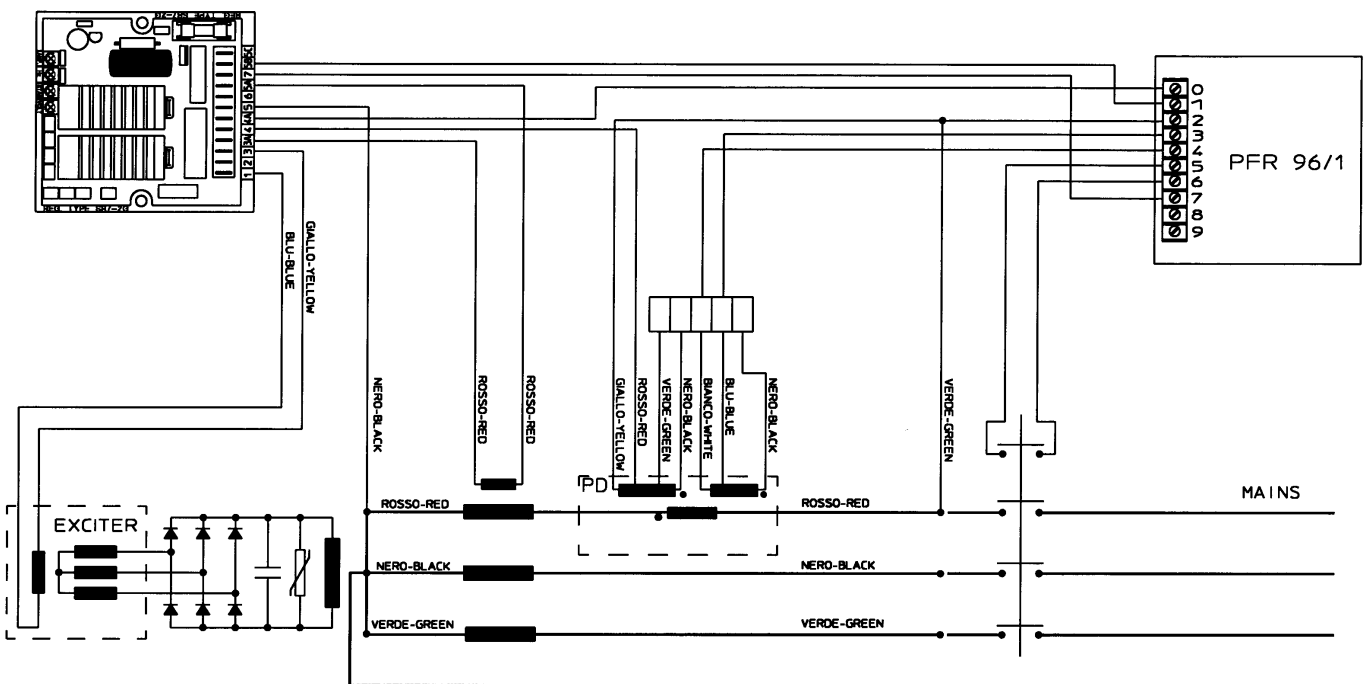
tab. 5.2

ELECTRONIC REGULATOR TYPE SR7/2-F



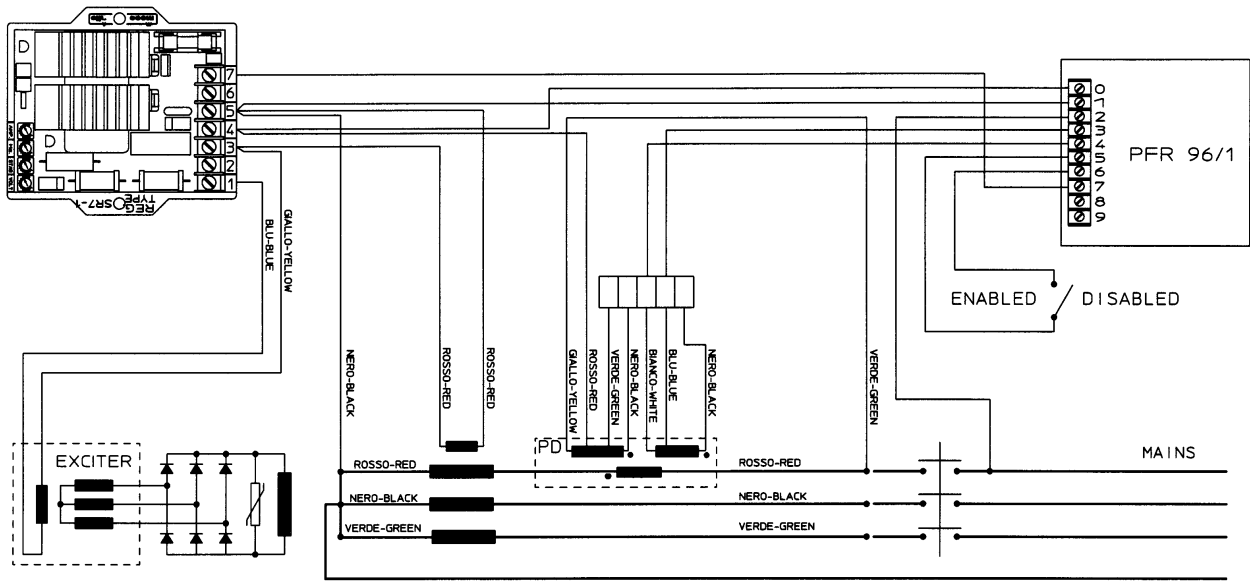
drawing n°A3640/01

ELECTRONIC REGULATOR TYPE SR7/2-G



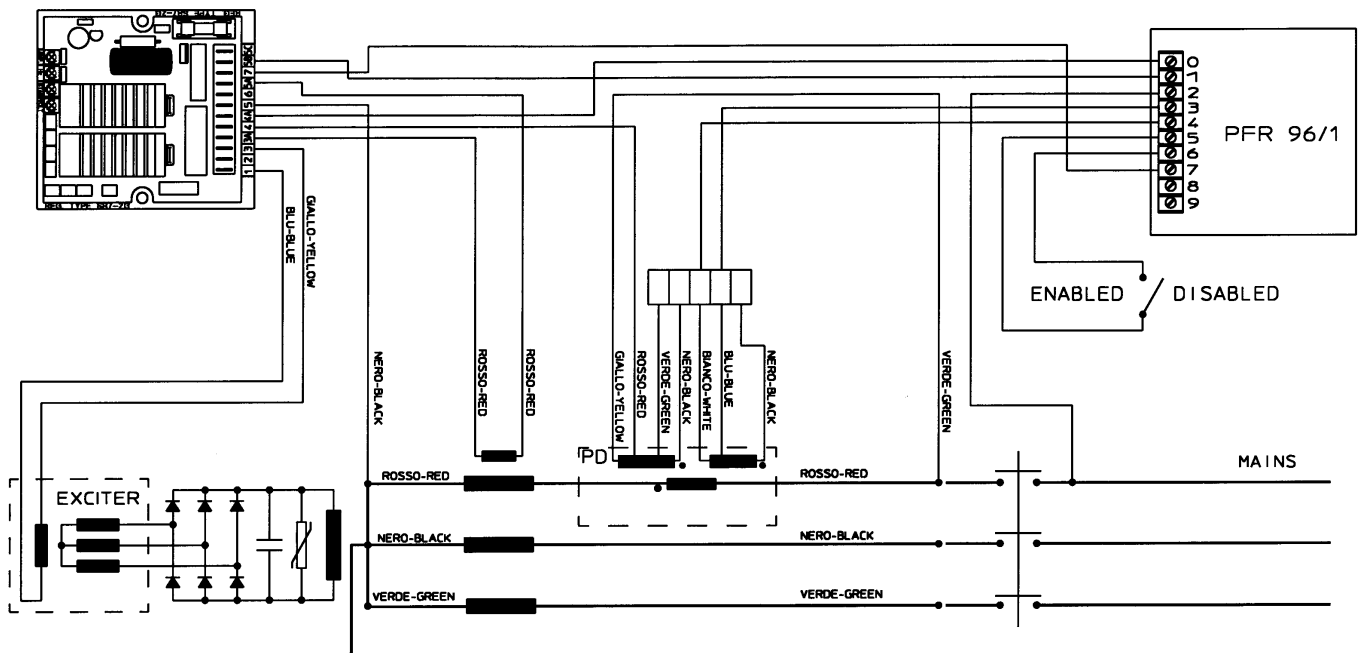
drawing n°A3640/03

ELECTRONIC REGULATOR TYPE SR7/2-F



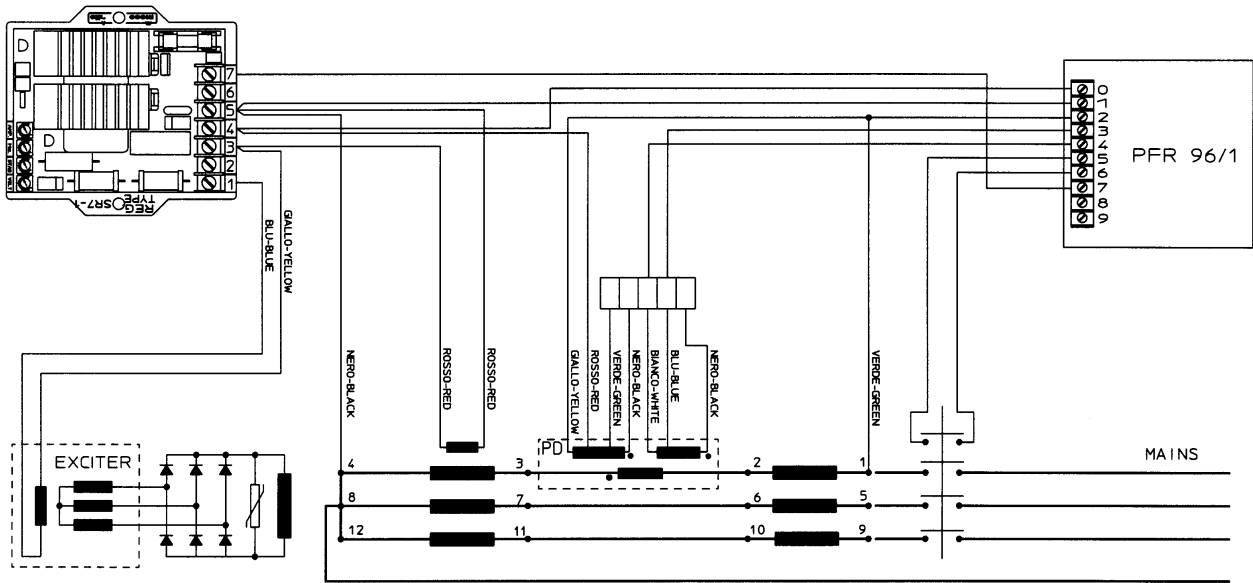
drawing n°A3922/00

ELECTRONIC REGULATOR TYPE SR7/2-G



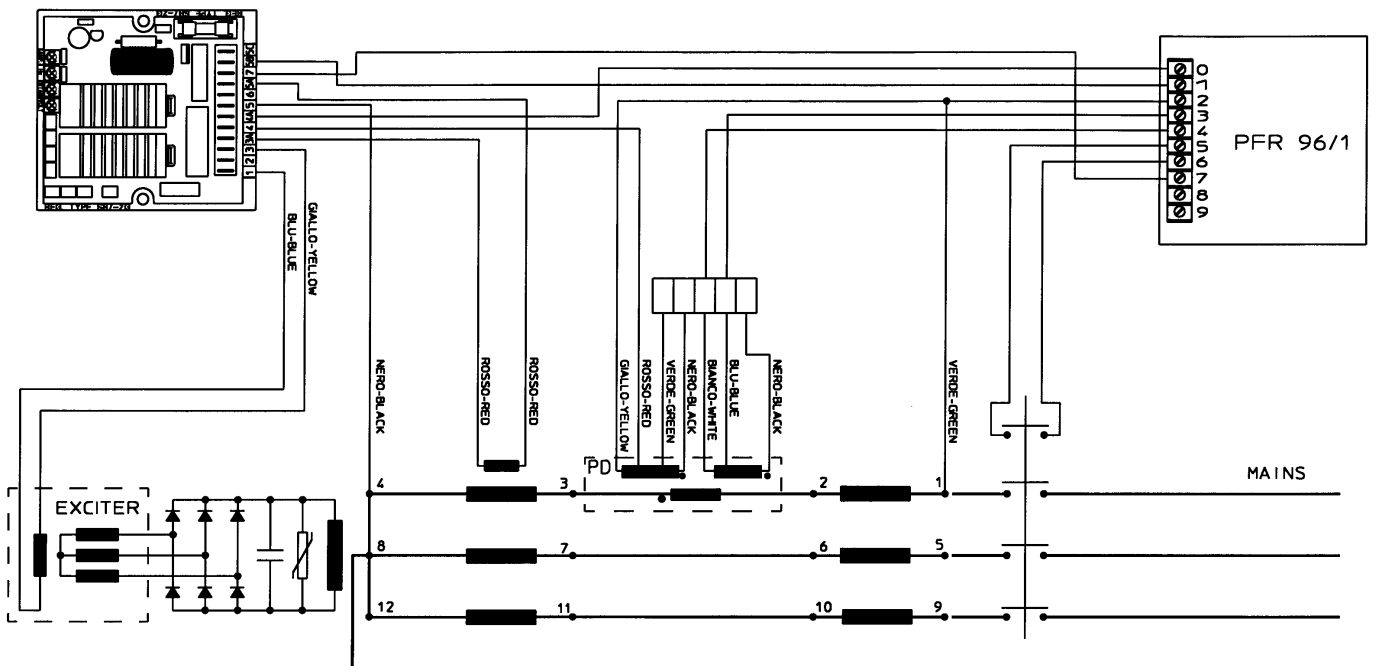
drawing n°A3922/02

ELECTRONIC REGULATOR TYPE SR7/2-F



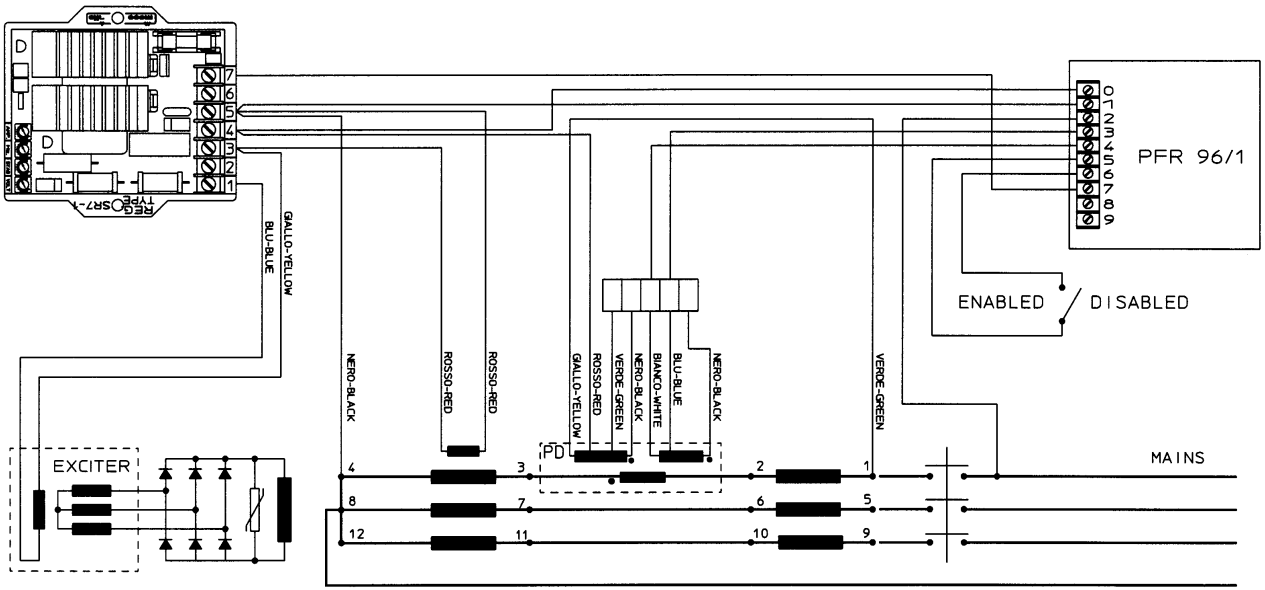
drawing n°A3637/01

ELECTRONIC REGULATOR TYPE SR7/2-G



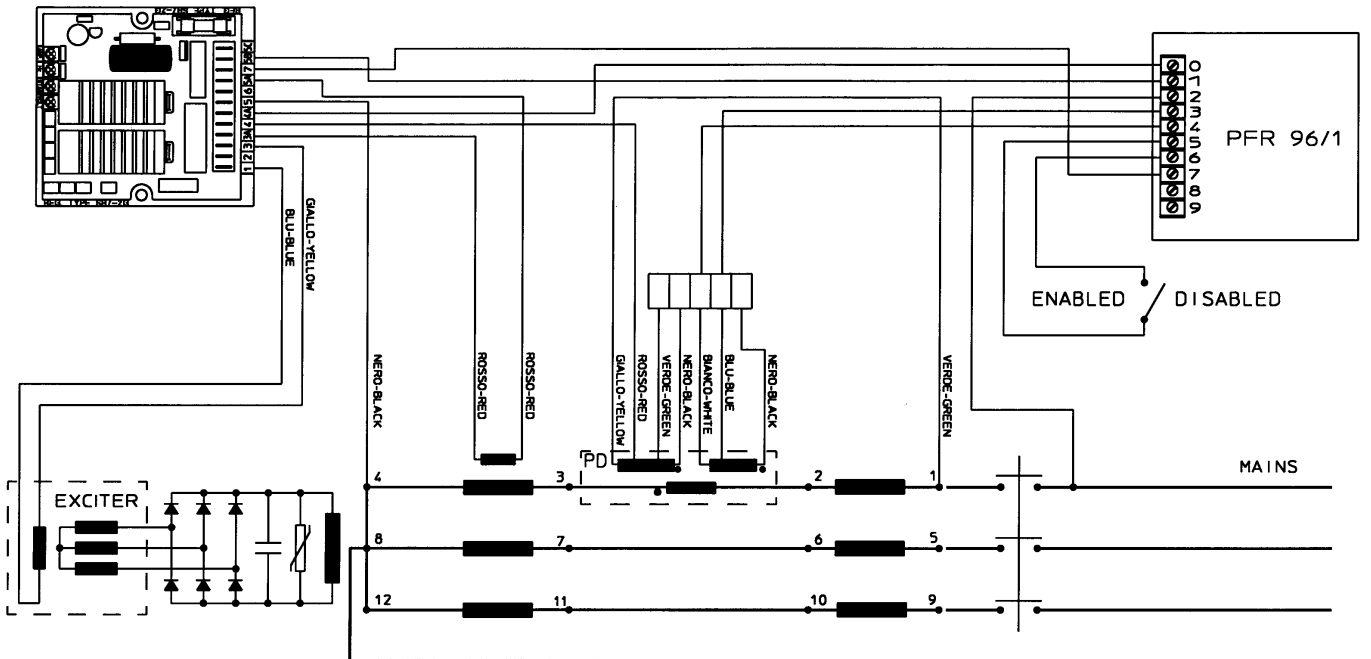
drawing n°A3637/03

ELECTRONIC REGULATOR TYPE SR7/2-F

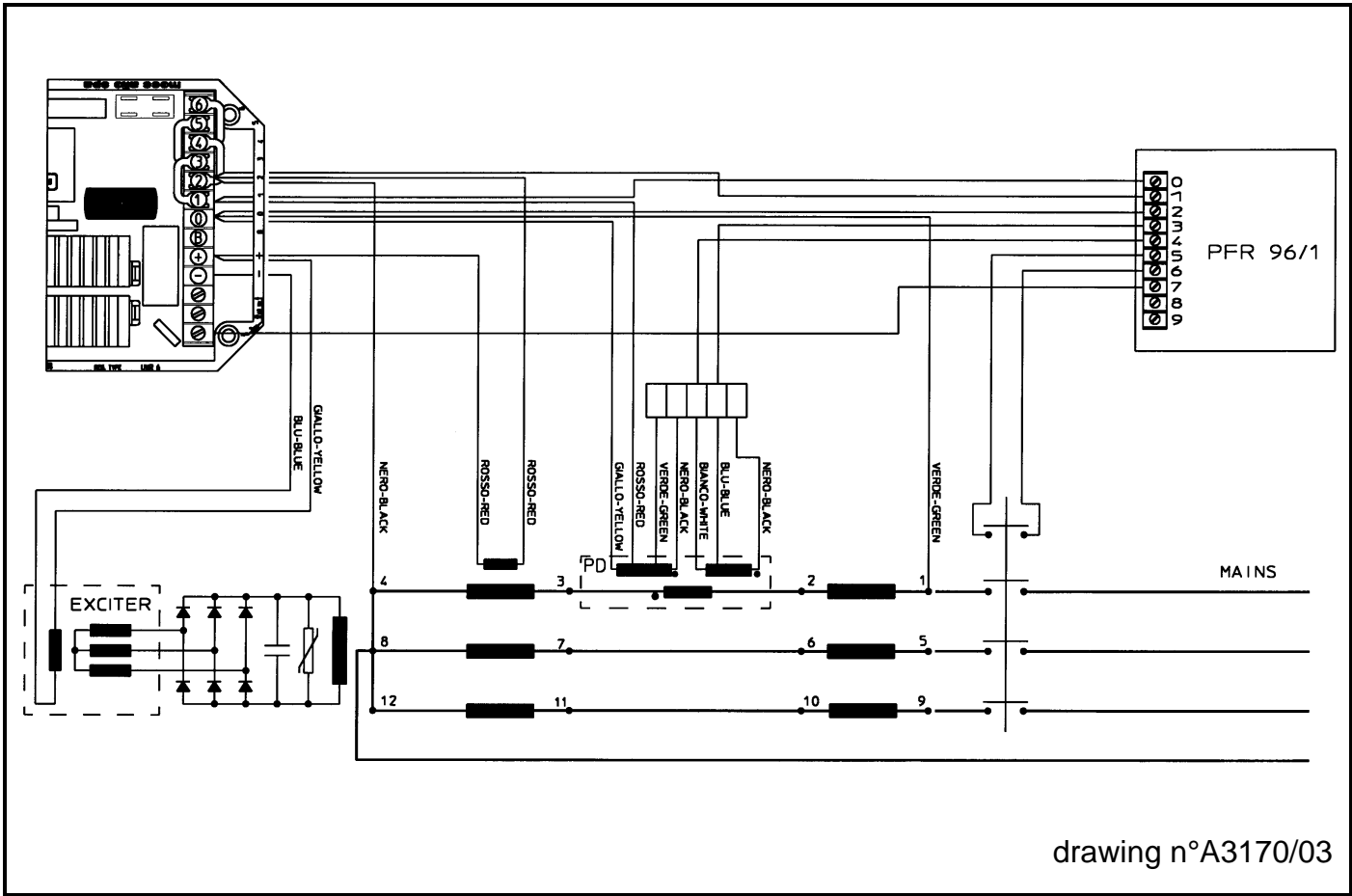


drawing n°A3923/00

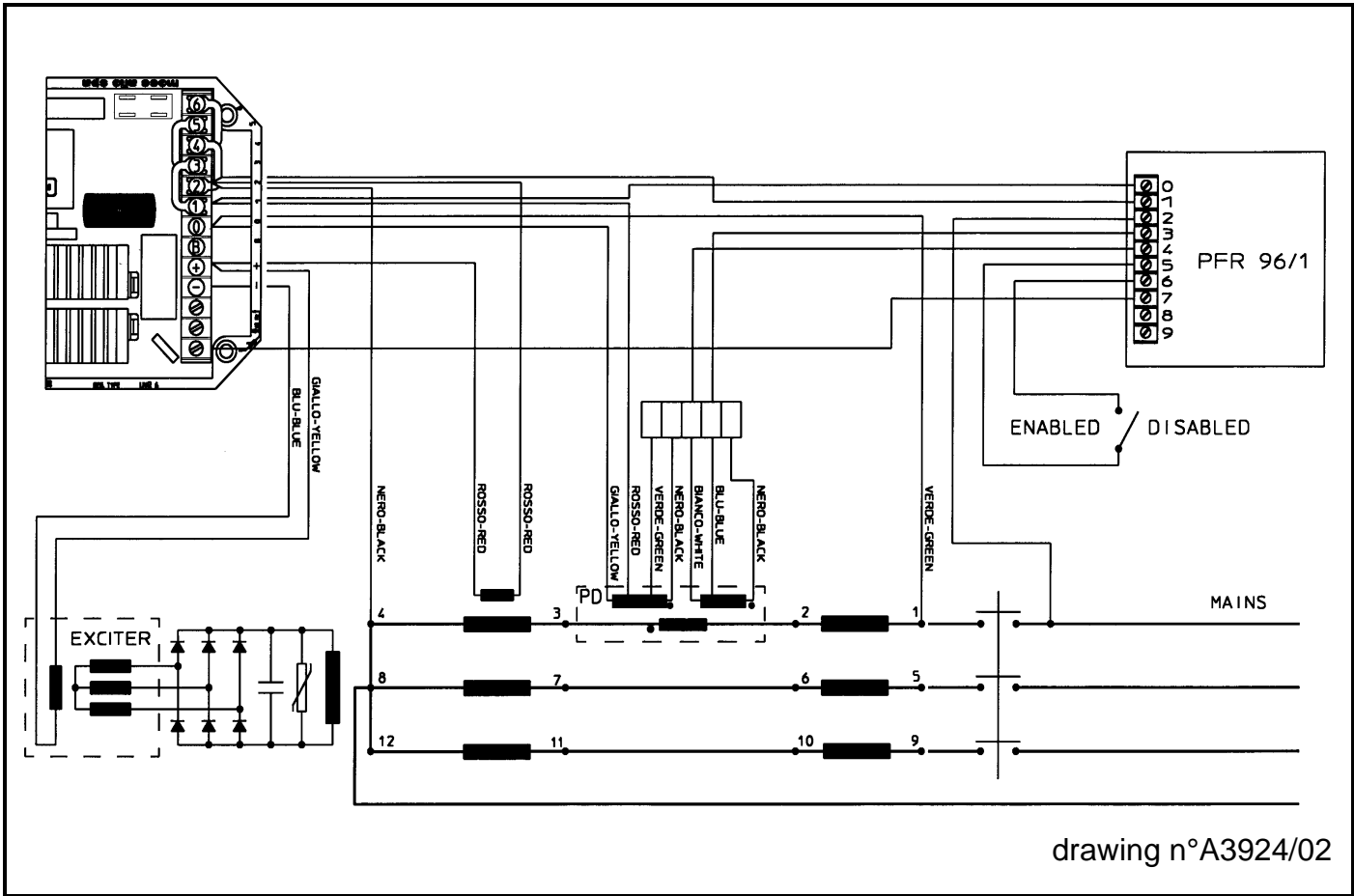
ELECTRONIC REGULATOR TYPE SR7/2-G



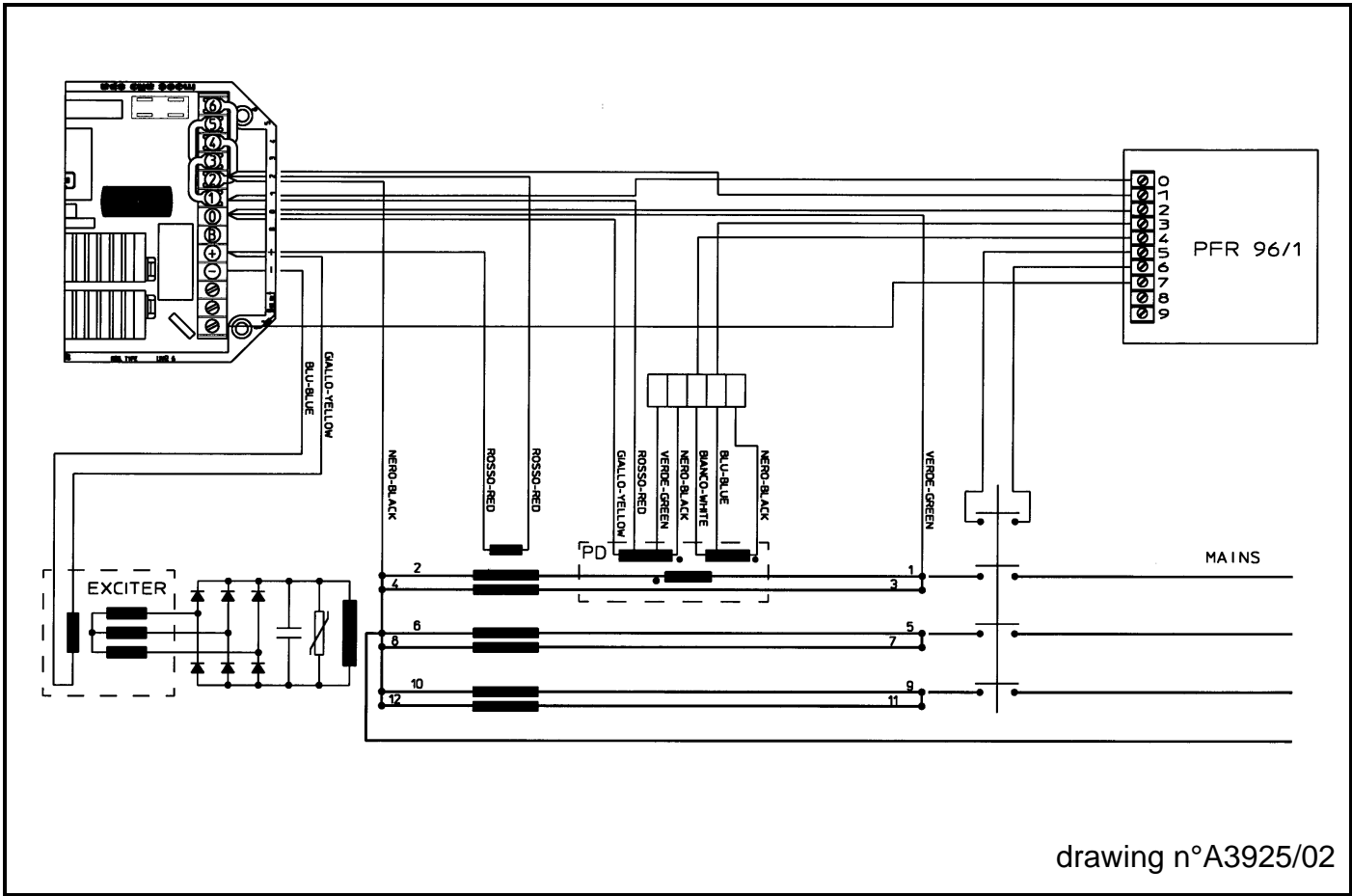
drawing n°A3923/02



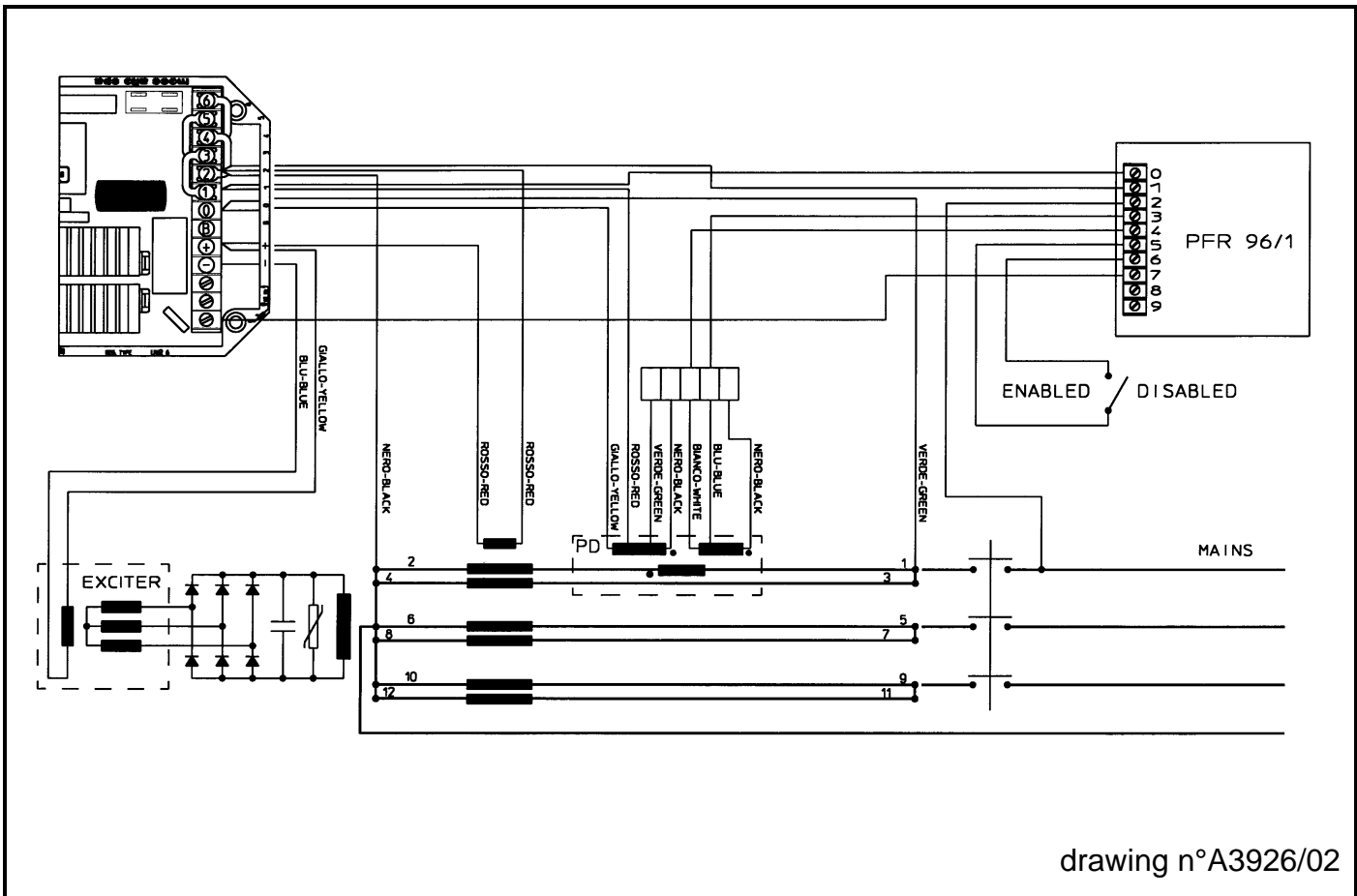
drawing n°A3170/03



drawing n°A3924/02

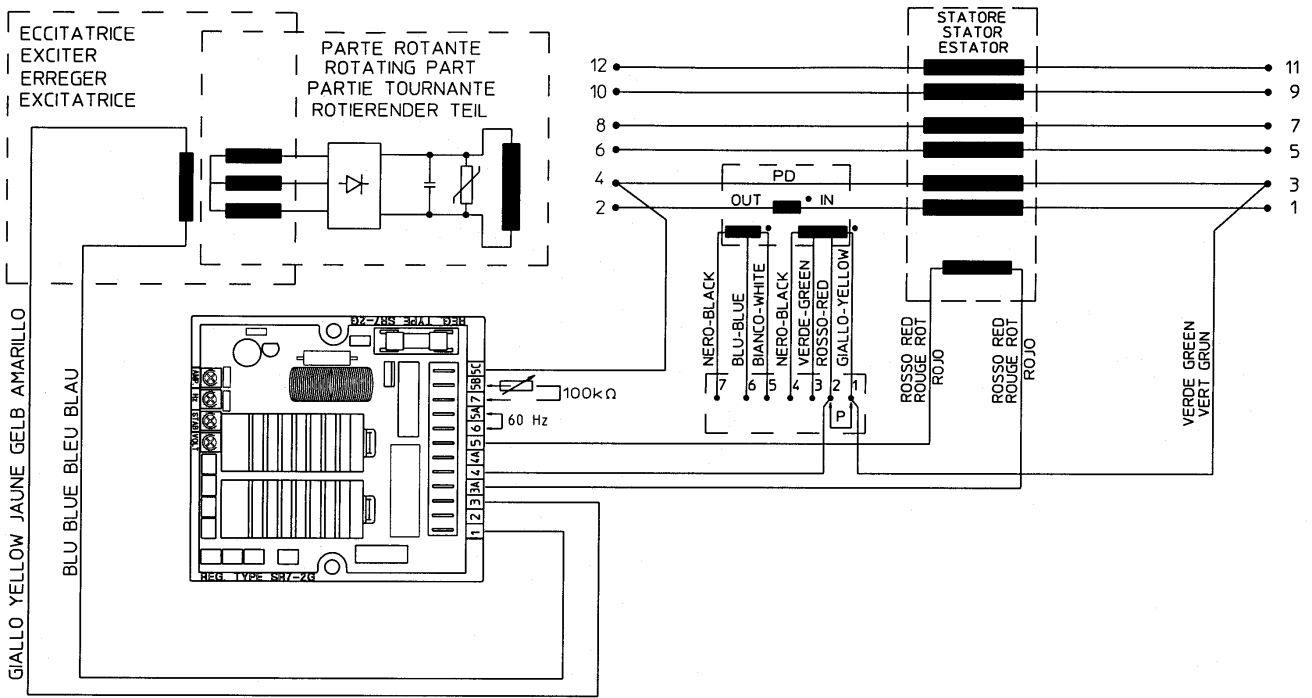


drawing n°A3925/02

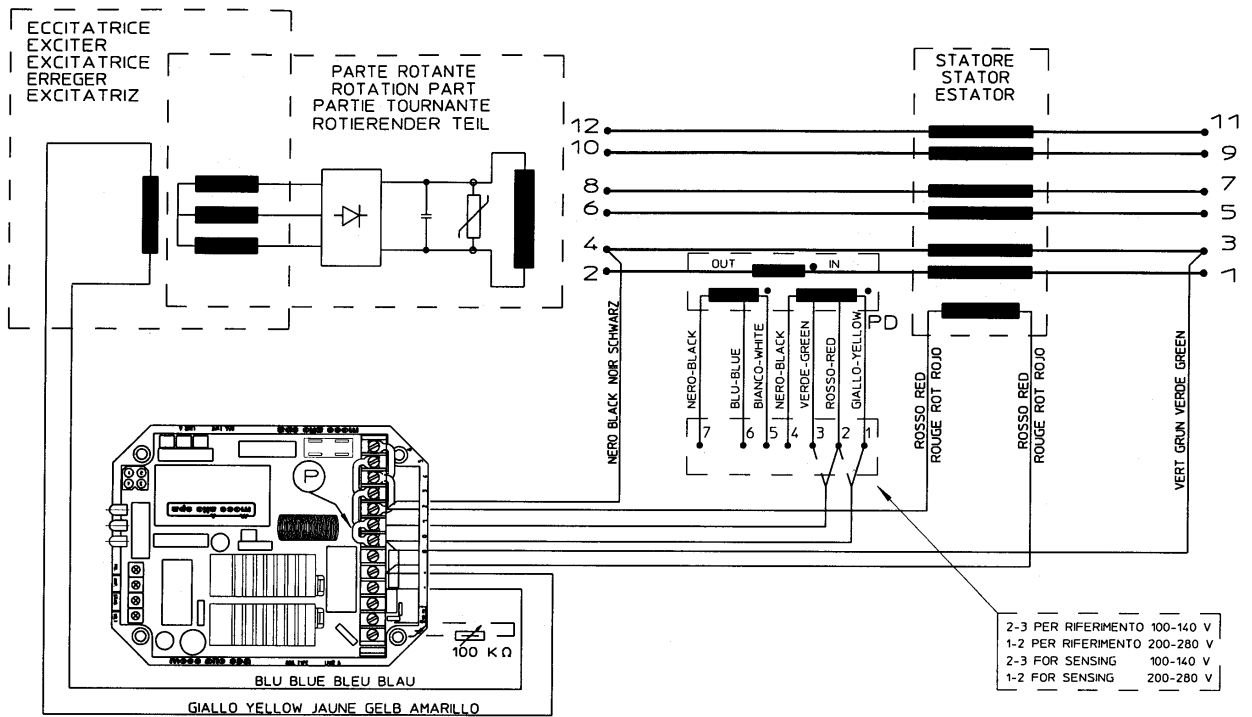


drawing n°A3926/02

ELECTRONIC REGULATOR TYPE SR7/2-G

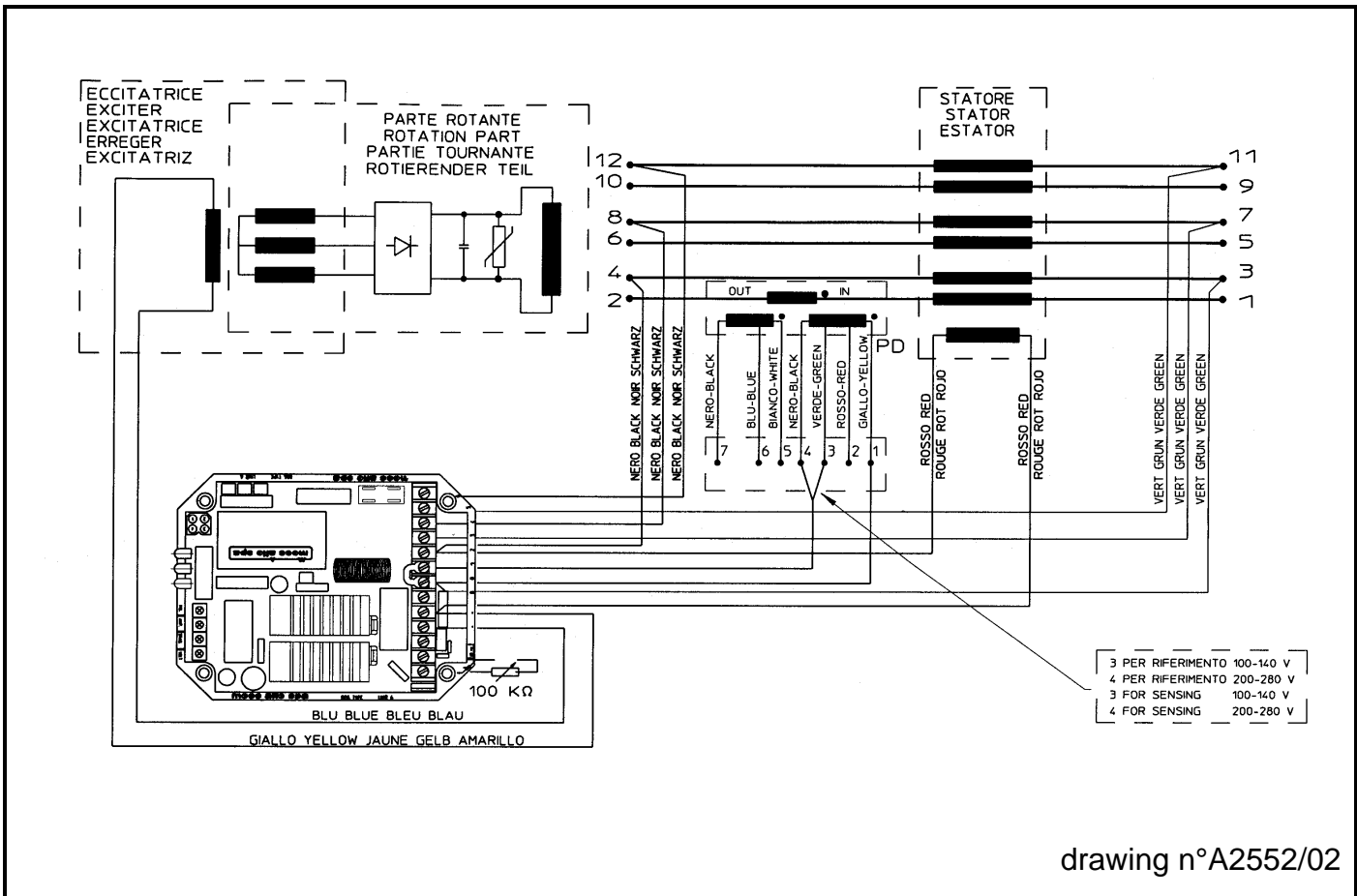
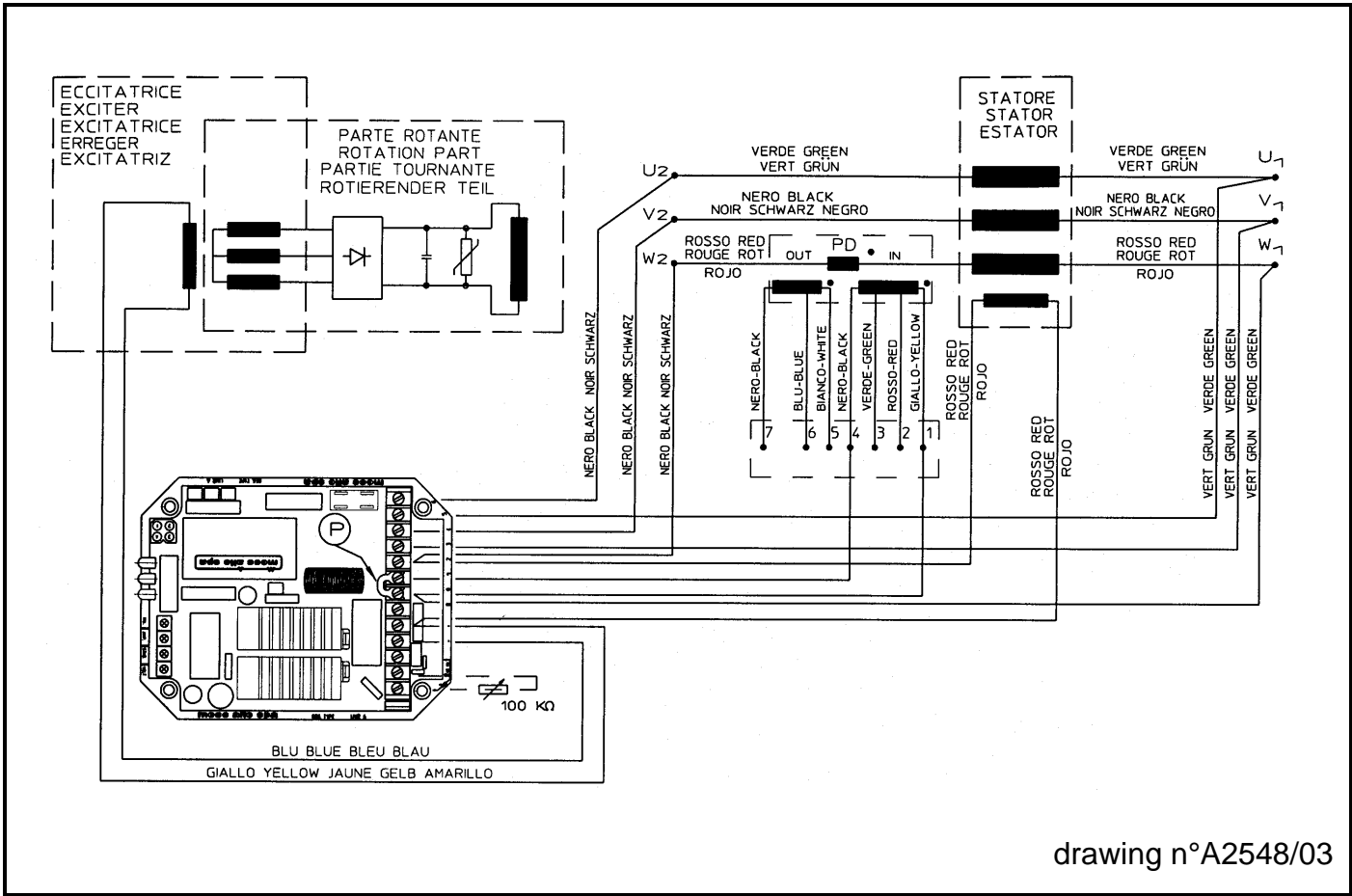


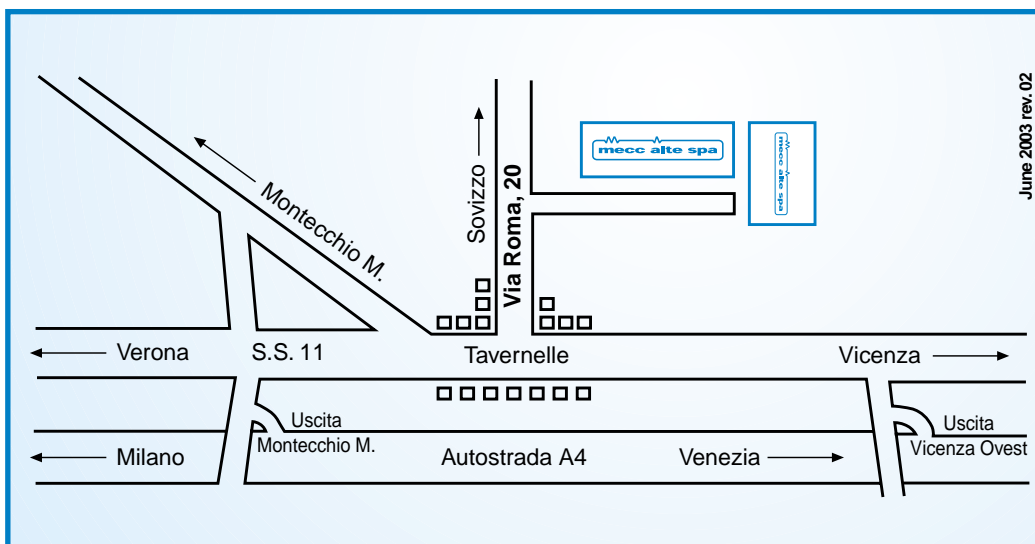
drawing n°A2545/03



2-3 PER RIFERIMENTO 100-140 V
 1-2 PER RIFERIMENTO 200-280 V
 2-3 FOR SENSING 100-140 V
 1-2 FOR SENSING 200-280 V

drawing n°A2549/02





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
SPOLKA Z.O.O.
PRZEDSTAWICIELSTWA W POLSCE
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: sales@meccalte.com.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. 847/550-0503 - FAX 847/550-0528
e-mail: sales@magilcorp.com



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