

# 連系インバータ

## Inverter for DC/AC Interconnecting System

戸松 均治<sup>※</sup>  
Kinji Tomatsu  
佐藤 徹<sup>※</sup>  
Tōru Satō  
神谷 鉄文<sup>※</sup>  
Tetsufumi Kamiya  
丹羽 裕彦<sup>※</sup>  
Hirohiko Niwa  
神部 晃<sup>※※</sup>  
Akira Kanbe

Dispersed power sources such as solar power generation have been increasingly utilized in recent years, and consequently the interconnection between these two types of electric power generation dispersed and conventional, is more and more important in view of maintaining a continuous power supply.

In relation to this, we have succeeded in developing, an inverter for interconnecting systems useful in the study of operation methods in those systems.

In this paper, we will outline the performance of the interconnecting inverter and report its outstanding features and functions. In addition, an analytical calculation of electric power flow based on a simple calculation model of the interconnecting system will be executed to verify the feasibility of electric power-flow control by means of adjusting voltages and phases. Hereafter, we will further study the uses of this device as part of, automatic operation systems.

## 1 まえがき

石油価格の急騰により世界経済を大混乱させた第一次オイルショックを契機に、石油代替エネルギーとして風力、潮力、地熱、太陽熱などの自然エネルギーを利用する研究開発が各方面で精力的に進められている。この自然エネルギーは、発電システムにより電気に変換して利用される方法が一般的である。このような発電システムは、現在の電力供給形態にみられる大規模集中形発電システムと異なり、ほとんどが小規模分散形である。

社会の省エネルギー化が進むにつれ、小規模分散形発電システムは今後広く普及していくことが考えられる。しかし、小規模分散形発電システムは自然エネルギーを利用するため、発電電力が自然環境に大きく左右され安定した電力を得ることが難しい。したがってエネルギーの有効利用と電力の安定利用の面から商用電源と小容量の分散形電源の連系をはかることが重要になる。

近年太陽電池の変換効率の大幅な向上により太陽光発電が現実化する状況において、連系運用システムの研究が急がれる。ここに、北陸電力(株)技術研究所殿と共同で連系運用システムを研究するために、連系インバータを製作したので紹介する。

## 2 装置の概要

直流電源と商用電源の連系システムには、トランジスタ磁気マルチバイブレータによる方法<sup>1)</sup>や鉄共振形無停電

電源装置<sup>2)(3)</sup>を利用する方法などが発表されている。

今回製作した連系インバータは、直流をインバータにより交流に変換して、直流電源と商用電源との連系を行い負荷へ電力を供給する装置である。本装置の直流電源として、例えば太陽電池と蓄電池により構成された電源を考えると、直流電源、商用電源及び負荷における電力の潮流は、次のような場合に分類される。

- (1) 直流電源と商用電源が、負荷電力を分担して負荷へ供給する。
- (2) 直流電源が負荷へ電力を供給するとともに、余剰電力を商用電源へ供給する。
- (3) 商用電源が負荷へ電力を供給するとともに、直流電源へ電力を供給する。この場合インバータは、電力の回生を行い蓄電池が充電される。
- (4) 商用電源が停電した場合、直流電源が負荷へ電力を供給する。
- (5) インバータを停止させた場合、商用電源が負荷へ電力を供給する。

以上に述べたうちで(1)~(3)の電力の潮流は、本装置のインバータの電圧と位相を変化させることにより調整できる。

また、本装置は電源の電圧変動、負荷変動などに対して出力電圧を安定化するために、出力回路に定電圧回路を設けている。

## 2.1 装置の構成

本装置は移動、移設を容易にするため3分割して、軽量、小形化をはかっている。装置の構成を図1に、外観を図2に示す。

インバータ(INV)は、直流-交流変換を行うためにトランジスタでフルブリッジに構成されている。インバータの運転モードは、商用周波数に同期した同期運転モードと単独運転によるフリーランモードがある。

インバータと商用電源の連系は、直列リアクトル(Ls1、Ls2)と変圧器(Tr)を介して行っている。連系投入は、

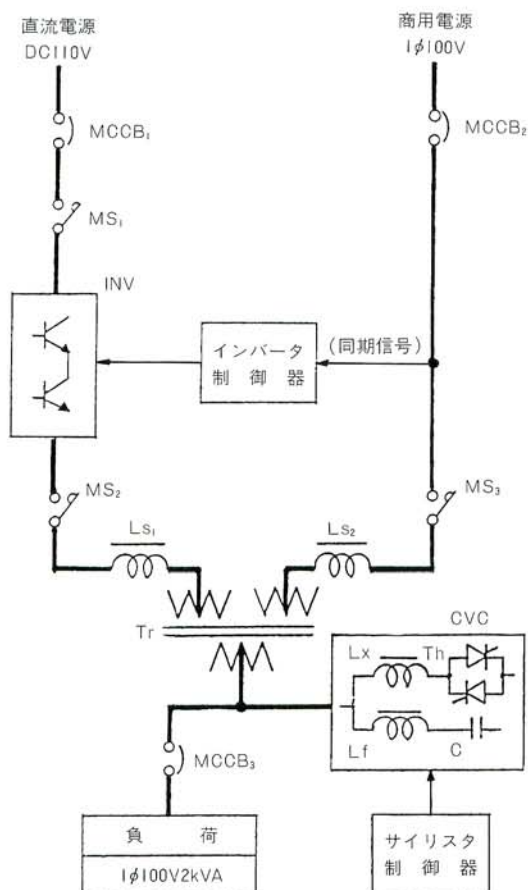


図1/単線接続図  
Fig. 1/Single-line diagram



図2/装置外観  
Fig. 2/Inverter for DC/AC Interconnecting system

マグネットスイッチ(MS2、MS3)を操作することにより任意の位相で行うことができる。

定電圧回路(CVC)は、直列リアクトル、コンデンサ(C)、並列リアクトル(Lx)、サイリスタ(Th)で構成されている。定電圧動作は、出力電圧の変動を検出してサイリスタの点弧角を制御することにより行っている。

高調波フィルタは、コンデンサとリアクトル(Lf)で構成されている。

## 2.2 主な仕様

主な仕様を表1に示す。また、表2に本装置の回路定数を示す。

表1/仕様

Tab. 1/Specification

交流入力電圧	100V±10% 単相60Hz	
直流入力電圧	110V±10%	
出力電圧	100V±3% 単相	
出力電流	0~20A	
出力周波数	60Hz(同期時) 59.8Hz±0.1%(フリーラン)	
出力容量	2kVA(pf0.8)	
インバータ	電圧調整範囲(β)	±10%(β:120°±30°)
	位相調整範囲(φ)	±60°

表2/回路定数

Tab. 2/Circuit constant

名称	記号	定数
直列リアクトル	Ls1	2.10mH
	Ls2	2.93mH
コンデンサ	C	250μF
リアクトル	Lx	22.7mH
直列リアクトル(フィルタ)	Lf	2.82mH
変圧器	Tr	1φ60Hz 3.4kVA 一次:100V、二次:90V 三次:100-200V

## 3 インバータ

### 3.1 インバータ回路

インバータ回路を図3に示す。本装置のインバータには、任意の電圧位相において連系投入が可能であることと、電力の供給及び回生制御が可能であることの二つの性能が要求される。

位相差180°における連系投入の場合、すなわちインバータ電源と商用電源の電圧差が最大のときに両電源が図1に示す直列リアクトルと変圧器を介して短絡されることになり、インバータには定格電流の約10倍の短絡電流が流れる。また、電力を直流電源へ回生するための回路が必要になる。このため、インバータのスイッチング素

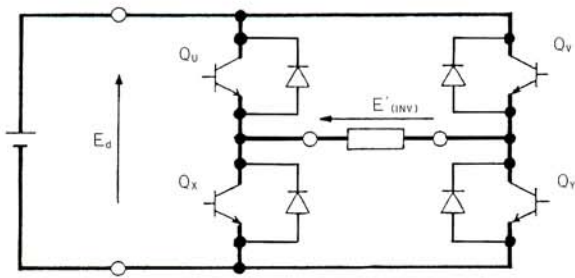


図3/インバータ回路  
Fig. 3/Inverter circuit

子として、ダイオードを内蔵した定格電流 300(A) の大容量トランジスタモジュールを使用している。

本装置の短時間電流容量は、このトランジスタモジュールの使用により定格電流の10倍になっている。

### 3.2 単一パルスPWM制御

インバータ電圧の制御は、単一パルスPWM方式としている。インバータ電圧波形と商用電圧波形との位相関係を図4に示す。基準パルス幅は $120^\circ (2\pi/3 \text{ rad})$ に、パルス幅調整範囲は $0 \sim \pm 30^\circ (0 \sim \pm \pi/6 \text{ rad})$ にしている。

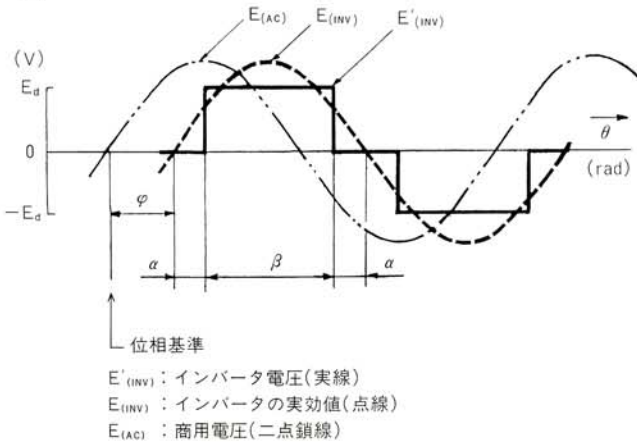


図4/インバータ電圧と商用電圧の位相関係  
Fig. 4/Phase relation between Inverter and AC voltage

図4において実線はインバータ電圧を、点線はインバータ電圧の等価正弦波電圧を、二点鎖線は商用電圧を表している。また、商用電圧を位相基準にとると、 $\varphi$ はインバータ電圧位相を、 $\beta$ はインバータ電圧パルス幅を、 $\alpha$ はトランジスタ導通開始角を表している。ここで、等価正弦波電圧とは電圧実効値がインバータパルス電圧の実効値に等しく、周波数も同一である正弦波電圧のことである。

インバータ電圧の実効値は、

$$E_{(INV)} = E_d \sqrt{\frac{\beta}{\pi}} \text{ (V)} \dots\dots\dots(1)$$

となる。

ただし、 $E_{(INV)}$  : インバータ電圧の実効値 (V)  
 $E_d$  : 直流電圧 (V)  
 $\beta$  : インバータ電圧パルス幅 (rad)

上式(1)から、パルス幅 $\beta$ を連続的に可変することによりインバータ電圧を調整することができる。本装置では高調波フィルタを出力回路に設けているため、実際の出力電圧は、(1)式に対して2~8(%)低下することになる。

インバータ電圧位相の調整範囲は、 $0 \sim \pm \pi/3$ としている。ここで、インバータ電圧位相は位相差 $\varphi$ が正( $\varphi > 0$ )のとき進みになり、負( $\varphi < 0$ )のとき遅れになる。

インバータ電圧と出力電圧の観測波形を図5に示す。出力電圧波形には、ほとんど歪がみられない。

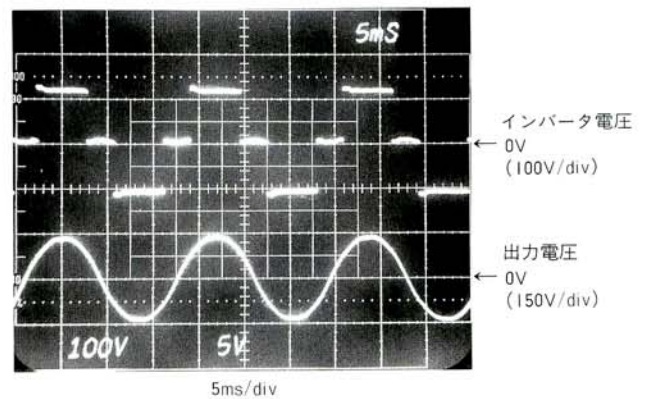


図5/インバータ電圧と出力電圧の波形  
Fig. 5/Inverter and output voltage wave forms

### 3.3 運転モード

本装置は、図1に示したマグネットスイッチ $MS_2$ と $MS_3$ が投入され、インバータ系統と商用系統とが連結されることにより連系運転が可能になる。

インバータの運転モードは、商用電源が停電しているか復電しているか、連系運転が可能になっているかいないかの状態の違いによりフリーランモードと同期運転モードに分かれる。商用電源が停電のとき、または連系運転が可能でないときインバータは周波数59.8(Hz)のフリーランモードで運転される。商用電源が復電し正常に給電された状態で、マグネットスイッチ $MS_2$ と $MS_3$ が投入されるとほぼ同時に、インバータは商用周波数(60Hz)に同期した運転モードに移り連系運転を行う。

### 3.4 自動運転システムへの対応

直流電源、商用電源、インバータ出力及び負荷についてそれぞれ電圧及び電流モニタを出力している。これらの出力から本装置の運転状況を把握することができ、電力潮流制御の自動化に対応可能となっている。遠隔制御

については、制御モードを選択することにより外部からインバータ電圧と位相差を制御できるようにしている。

## 4 出力電圧の安定化

商用電源の停電時や復電時における出力電圧の過渡変動、直流電圧及び商用電圧の変動による出力電圧の変動などに対応するため、出力電圧の安定化を行っている。

### 4.1 鉄共振形定電圧回路との比較

従来からある鉄共振形定電圧回路は、構造が簡単で信頼性が高く安価である反面、鉄心の飽和特性を利用するため、鉄心の積厚を変えるなどして飽和特性の調整が必要である。また、出力電圧は周波数変動の影響を受ける。

これに対し鉄心の飽和特性を利用しない線形リアクトルとサイリスタを組み合わせた定電圧回路<sup>4)</sup>は、周波数に影響されず、サイリスタの点弧角を制御することにより簡単に定電圧特性が得られる。

### 4.2 サイリスタ式定電圧回路

サイリスタを用いた定電圧回路を図6に示す。ここでは変圧器を省略し、リアクトルや配線などの回路の抵抗分を無視した。この回路は、昇圧動作をする直列共振回路(Ls、C)と昇圧動作を抑制する並列回路(Lx、Th)により構成されている。出力電圧は、入力電圧の変動、負荷の変動に対してリアクトル電流(Ix)を調整することにより定電圧に保たれる。また、リアクトル電流は、出力電圧の変化分に対してサイリスタの点弧角をフィードバック制御することにより調整される。

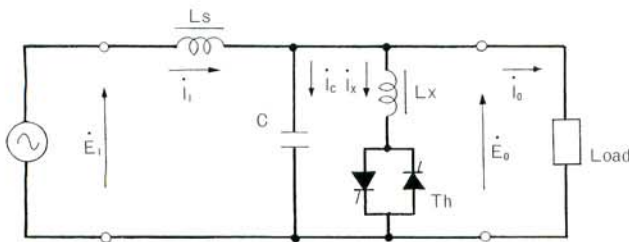


図6 / 定電圧回路  
Fig. 6/Constant voltage circuit

出力電圧とリアクトル電流の関係は、位相基準を出力電圧にとると、

$$E_0 = [E_1 \cos \theta - \omega L_s (I_0 \sin \varphi_0 + I_x)] / (1 - \omega^2 L_s C) \quad (\text{V}) \dots \dots \dots (2)$$

$$I_x = k(\alpha) E_0 / (\omega L_x) \quad (\text{A}) \dots \dots \dots (3)$$

となる。ただし、係数 $k(\alpha)$ は $\pi/2 \leq \alpha \leq \pi$ の範囲で、

$$k(\alpha) = \sqrt{[4(\pi - \alpha) \left(1 + \frac{1}{2} \cos 2\alpha\right) + 3 \sin 2\alpha] / \pi} \dots \dots \dots (4)$$

である。

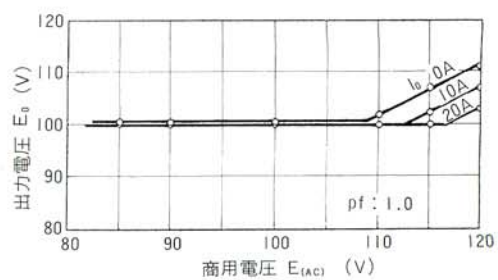
- ここに、 $E_1$ ：入力電圧 (V)
- $E_0$ ：出力電圧 (V)
- $I_0$ ：出力電流 (A)
- $I_x$ ：リアクトル電流 (A)
- $\omega$ ：電源の角周波数 (rad/s)
- $\alpha$ ：サイリスタ点弧角 (rad)
- $\theta$ ：出力電圧からみた入力電圧の位相 (rad)
- $\varphi_0$ ：負荷力率角 (rad)

とする。

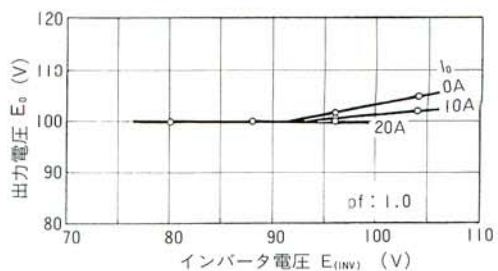
リアクトル電流はサイリスタにより位相制御されるため、点弧角 $\alpha$ が $\pi/2$ のとき正弦波形になり、 $\alpha$ が $\pi/2$ から $\pi$ の範囲では正弦波状パルス波形になる。計算を容易にするため係数 $k(\alpha)$ を用いて、このリアクトル電流を実効値の等価な正弦波電流で表した。係数 $k(\alpha)$ はサイリスタの点弧角 $\alpha$ が $\pi \sim \pi/2$ に対して、0～1の値をとる。

### 4.3 出力定電圧特性の試験結果

負荷力率1.0において出力電流をパラメータとしたときの出力定電圧特性の試験結果を図7に示す。出力電圧変動は無負荷のとき最も大きく商用電圧100(V)±10(%)、インバータ電圧90(V)±10(%)に対してそれぞれ0～±2%であった。また、出力電圧歪率の試験結果を図8に示す。高調波フィルタによりインバータ電圧に対する出力電圧歪率は、5(%)以下に抑えられた。



(a) 商用入力に対する特性



(b) インバータ入力に対する特性

図7 / 出力定電圧特性  
Fig. 7/Output constant voltage characteristics

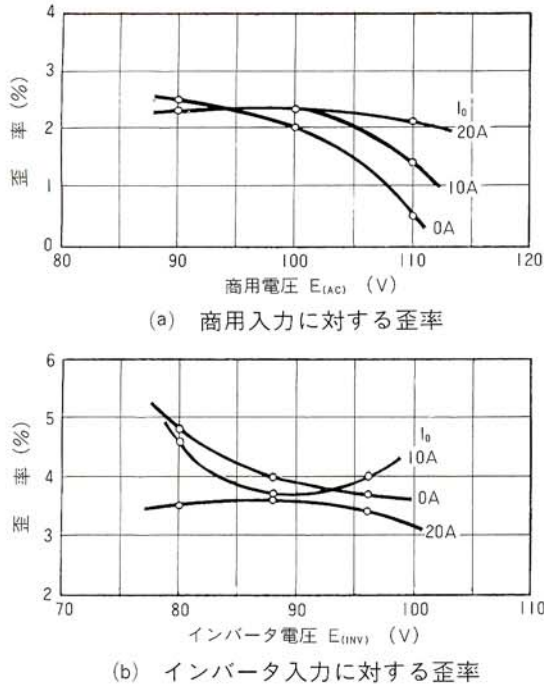


図8/出力電圧歪率  
Fig. 8/Distortion factor of output voltage

## 5 連系運転

### 5.1 電力潮流の解析計算

連系運転におけるインバータと商用電源の関係を求めるために、二つの交流電源システムによる連系システムの簡単な計算モデルを用いて電力潮流の解析計算を行った。

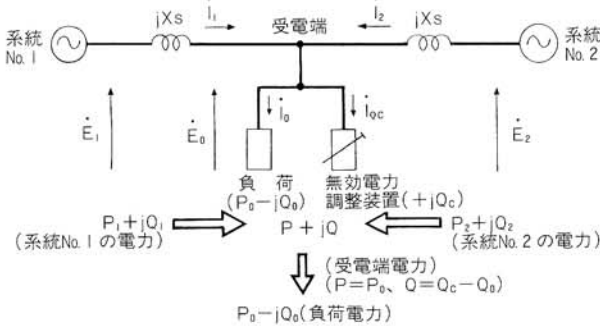


図9/連系システムの計算モデル  
Fig. 9/Interconnected system

表3/電力潮流の関係式  
Tab. 3/Power flow relations

系統No. 1	$P_1$ (kW)	$\left[ (E_1^2 + E_1 E_2 \cos \theta) \cdot P + \frac{E_0 E_1 E_2 \sin \theta}{X_S} \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \theta - \left( \frac{X_S P}{E_0} \right)^2} \right] / (E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \theta)$
	$Q_1$ (kvar)	$\frac{E_1^2}{X_S} + \left[ P \cdot E_1 E_2 \sin \theta - \frac{E_0 (E_1^2 + E_1 E_2 \cos \theta)}{X_S} \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \theta - \left( \frac{X_S P}{E_0} \right)^2} \right] / (E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \theta)$
系統No. 2	$P_2$ (kW)	$\left[ (E_2^2 + E_1 E_2 \cos \theta) \cdot P + \frac{E_0 E_1 E_2 \sin \theta}{X_S} \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \theta - \left( \frac{X_S P}{E_0} \right)^2} \right] / (E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \theta)$
	$Q_2$ (kvar)	$\frac{E_2^2}{X_S} - \left[ P \cdot E_1 E_2 \sin \theta + \frac{E_0 (E_2^2 + E_1 E_2 \cos \theta)}{X_S} \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \theta - \left( \frac{X_S P}{E_0} \right)^2} \right] / (E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \theta)$
受電端	$P$ (kW)	$P_0$
	$Q$ (kvar)	$Q_c - Q_0$
	$Q_c$ (kvar)	$Q_0 + \frac{E_0}{X_S} \left[ 2E_0 - \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \theta - \left( \frac{X_S P}{E_0} \right)^2} \right]$

連系システムの計算モデルを図9に示す。このモデルの系統No. 1、系統No. 2はそれぞれ本装置におけるインバータと商用電源の関係に対応し、これらの電圧と位相は互いに独立に調整可能であるとする。線路リアクタンス( $X_s$ )は、定電圧回路の直列リアクタンス( $\omega L_{s1}$ 、 $\omega L_{s2}$ )に対応する。また無効電力調整装置は、定電圧回路のコンデンサ( $C$ )、並列リアクトル( $L_x$ )、サイリスタ( $Th$ )からなる回路に対応し、無効電力を調整して負荷電圧を定電圧に保つように動作させることにする。

系統No. 1、系統No. 2及び受電端における電力をそれぞれ $P_1 + jQ_1$ 、 $P_2 + jQ_2$ 及び $P + jQ$ で表す。また受電端の電力は、負荷電力 $P_0 - jQ_0$ と無効電力調整分 $+jQ_c$ の和に等しい。ここで、進み無効電力を正の符号で表す。

次に図9に使用した記号について説明する。

- $\dot{E}_1, \dot{E}_2, \dot{E}_0$ : 系統No. 1、系統No. 2、負荷の電圧 (V)
- $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$ : 系統No. 1、系統No. 2、負荷の電流 (A)
- $\dot{I}_{Qc}$ : 無効電力調整装置の電流 (A)
- $P_1, P_2, P$ : 系統No. 1、No. 2、受電端の有効電力 (kW)
- $Q_1, Q_2, Q$ : 系統No. 1、No. 2、受電端の無効電力 (kvar)
- $P_0$ : 負荷の有効電力 (kW)
- $Q_0$ : 負荷の無効電力 (kvar)
- $Q_c$ : 無効電力調整分 (kvar)
- $X_s$ : 線路のリアクタンス ( $\Omega$ )

負荷電圧一定の条件において系統No. 1の電圧( $E_1$ )、系統No. 2の電圧( $E_2$ )及び系統No. 1と系統No. 2との位相差( $\theta$ )を変数として、系統No. 1、系統No. 2及び受電端におけるそれぞれの電力の関係式を求めた。これらの関係式をまとめて表3に示す。ただし、系統No. 2の電圧を位相基準にとり、系統No. 1の電圧位相を $\theta$  (rad)で表した。また $E_1, E_2$ 及び $E_0$ はそれぞれのベクトル $\dot{E}_1, \dot{E}_2$ 及び $\dot{E}_0$ の絶対値とした。

表3に示した諸関係式から、この計算モデルにおける電力潮流について解析計算することができる。

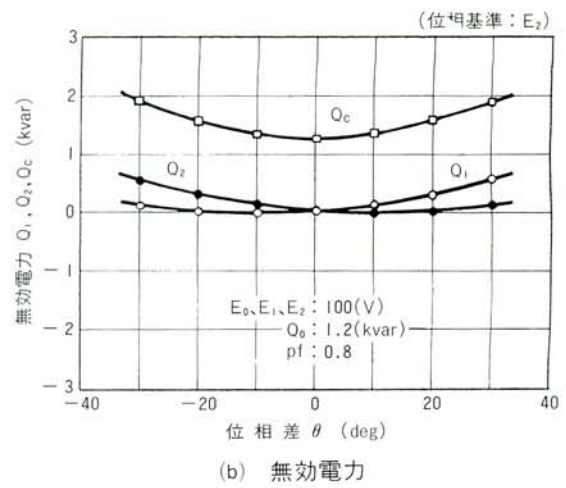
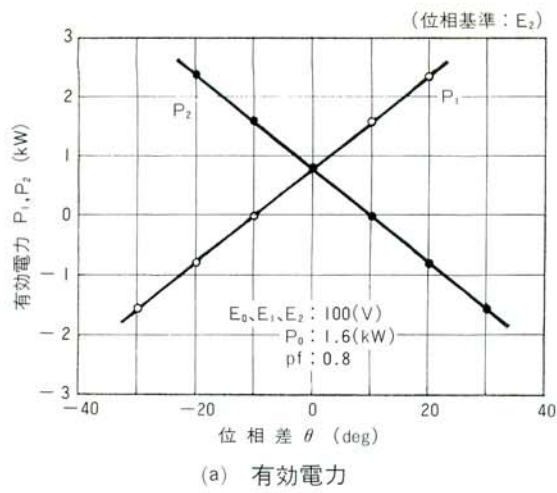


図10/位相差と電力の関係(計算値)

Fig. 10/Relation between phase difference and active and reactive power

## 5.2 電力潮流制御の計算結果

負荷の有効電力1.6(kW)、無効電力1.2(kvar)の条件で表3に示した関係式を用いて、連系システムの電力潮流制御について数値計算を行った。

(1) 系統No.1、系統No.2の電圧と受電端の電圧(絶対値)が等しい場合 ( $E_1 = E_2 = E_0 = 100(V)$ )

系統No.1、系統No.2の電圧を100(V)にしたときの電圧位相差と有効電力、無効電力との関係についての計算結果を図10に示す。図10(a)に示すように位相差 $\theta$ を変化させると有効電力 $P_1, P_2$ はそれぞれ変化し、一方が増加すれば他方が減少するという関係が顕著である。また有効電力の極性が変化し、電力の流れが次のように変化する。

(i)  $P_1 > 0, P_2 < 0$  のとき

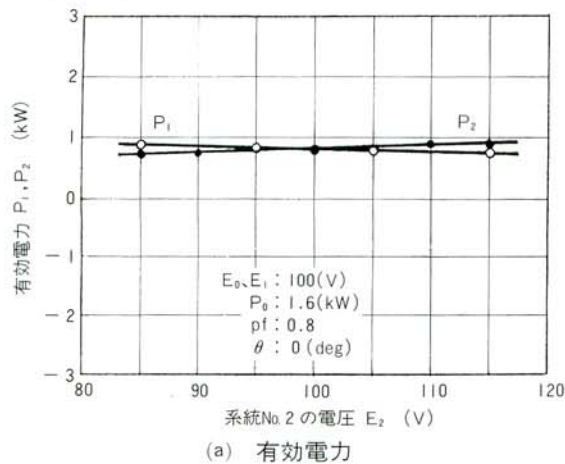
系統No.1から系統No.2及び負荷へ有効電力を供給する。

(ii)  $P_1 > 0, P_2 > 0$  のとき

系統No.1、系統No.2がそれぞれ負荷の有効電力を分担する。

(iii)  $P_1 < 0, P_2 > 0$  のとき

系統No.2から系統No.1及び負荷へ有効電力を供給する。



系統No.1と系統No.2の有効電力の和は、位相差に関係なく常に負荷の有効電力と一致する。

図10(b)に示すように、位相差 $\theta$ を変化させると無効電力 $Q_1, Q_2$ はそれぞれ変化するが、有効電力 $P_1, P_2$ のみにみられるような顕著な傾向を示していない。無効電力調整分 $Q_c$ は、位相差 $\theta$ の変化に対して負荷電圧を一定に保つように変化し、また系統No.1と系統No.2及び負荷の無効電力の和になっている。

(2) 系統No.1と系統No.2の位相が等しい場合 ( $\theta = 0^\circ$ )

系統No.1と系統No.2を同位相にし、系統No.1の電圧を100(V)に固定して系統No.2の電圧を変化させたときの有効電力、無効電力についての計算結果を図11に示す。図11(a)に示すように、有効電力 $P_1, P_2$ は系統No.2の電圧変化に対して、その分担割合がわずかに変化するだけである。

また図11(b)に示すように、無効電力 $Q_1$ は系統No.2の電圧変化に対してほとんど変化しないが、無効電力 $Q_2$ は極性と大きさが変化する。このことから反対に、系統No.1の電圧を変化させると無効電力 $Q_1$ の極性と大きさが変化する事がわかる。

このように、系統の電圧を変化させることにより無効電力を制御することができる。

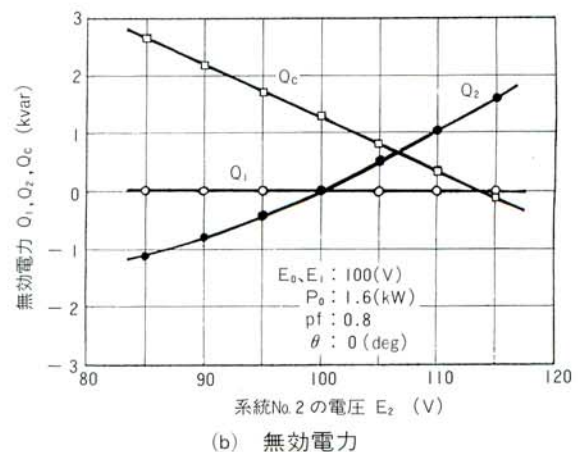


図11/系統No.2の電圧と電力の関係(計算値)

Fig. 11/Relation between power supply voltage ( $E_2$ ) and active and reactive power

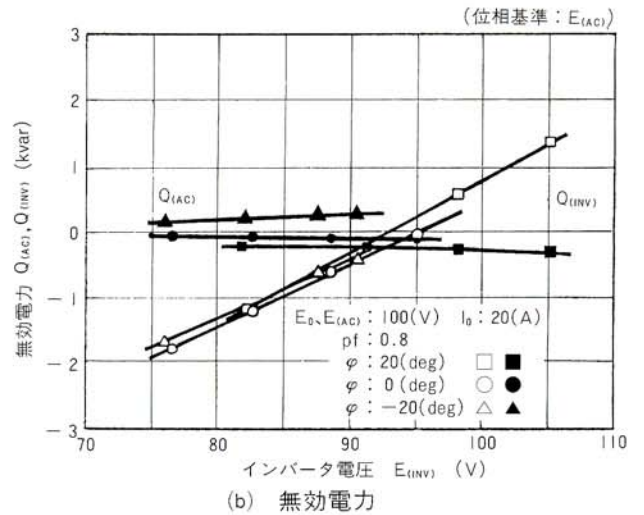
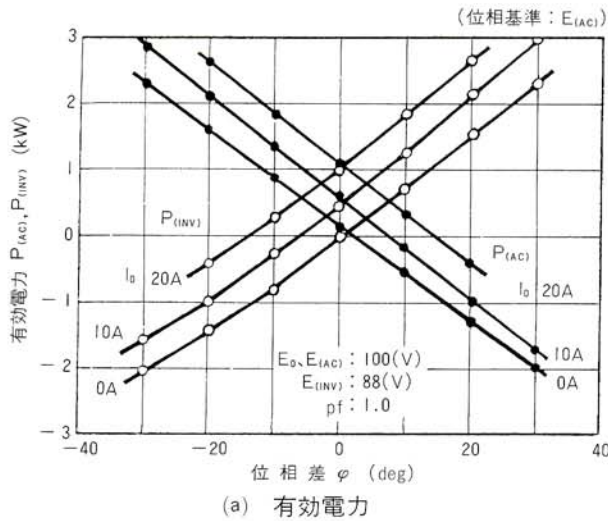


図12/電力潮流の制御特性

Fig. 12/Power flow characteristics

(3) 系統No.1、系統No.2の電圧及び位相差がともに異なる場合 ( $E_1 \neq E_2(V)$ 、 $\theta = 0^\circ$ )

連系運転においては、この場合が一般的であるが、パラメータが多くなり、計算結果も複雑となるため詳細には言及しない。しかし、(1)、(2)の結果から、電圧の絶対値を可変することにより系の無効電力を、位相を可変することにより系の有効電力を、それぞれほぼ独立に調整制御することが可能となることがわかる。このように、一つの制御系の内において複数の制御対象（有効電力、無効電力）があっても、それらの操作量（電圧、位相）が独立にそれぞれの対象を制御でき、相互干渉が少ない場合は、比較的容易に制御系を構成することができる。

### 5.3 装置の連系運転における試験結果

#### (1) 電力潮流の制御特性

負荷力率1.0において負荷電流をパラメータとし、商用電圧とインバータ電圧との位相差 $\phi$ (deg)を変化させたときの有効電力の関係についての試験結果を図12の(a)に示す。また、負荷力率0.8、負荷電流20(A)、商用電圧100(V)において位相差 $\phi$ (deg)をパラメータとし、インバータ電圧を変化させたときの無効電力の関係についての試験結果を図12の(b)に示す。

本装置の連系運転における有効電力特性及び無効電力特性の試験結果は、図10の(a)及び図11の(b)の電力潮流制御の計算結果によく一致する。図12においては、商用電源の有効電力を $P_{(AC)}$ 、無効電力を $Q_{(AC)}$ 、インバータの有効電力を $P_{(INV)}$ 、無効電力を $Q_{(INV)}$ で表した。

#### (2) 商用電源の停電時と復電時の出力変動

商用電源とインバータの連系運転中に商用電源が停電したときのオシログラムを図13に示す。また、インバータ運転中に商用電源が復電したときのオシログラムを

14に示す。復電時の投入位相は、商用電圧に対して約 $30^\circ$ の遅れであった。インバータは2~3サイクルで商用電圧との位相差 $0^\circ$ の完全同期運転に入った。また、商用電源の停電及び復電に際して出力電圧の変動は、ほとんど見られなかった。

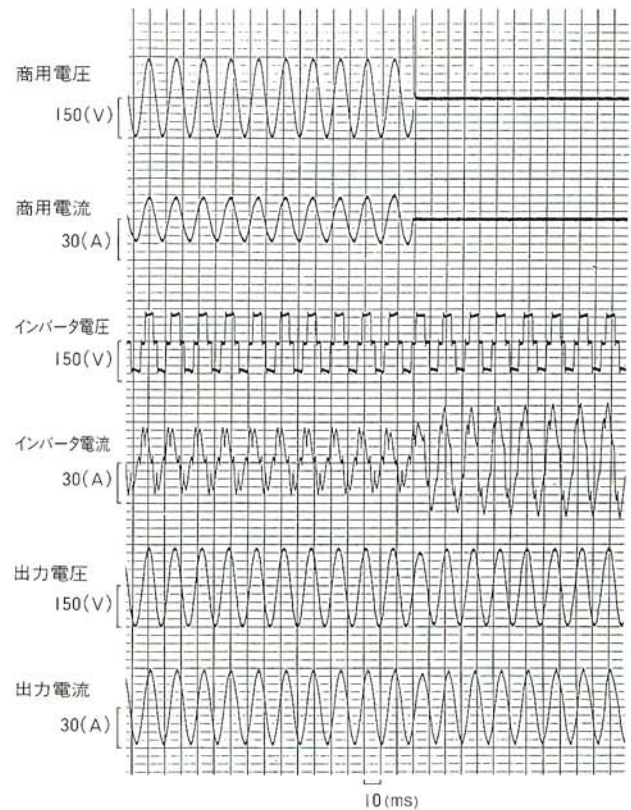


図13/商用電源停電時の波形

Fig. 13/Transient waveforms at interruption of power supply system

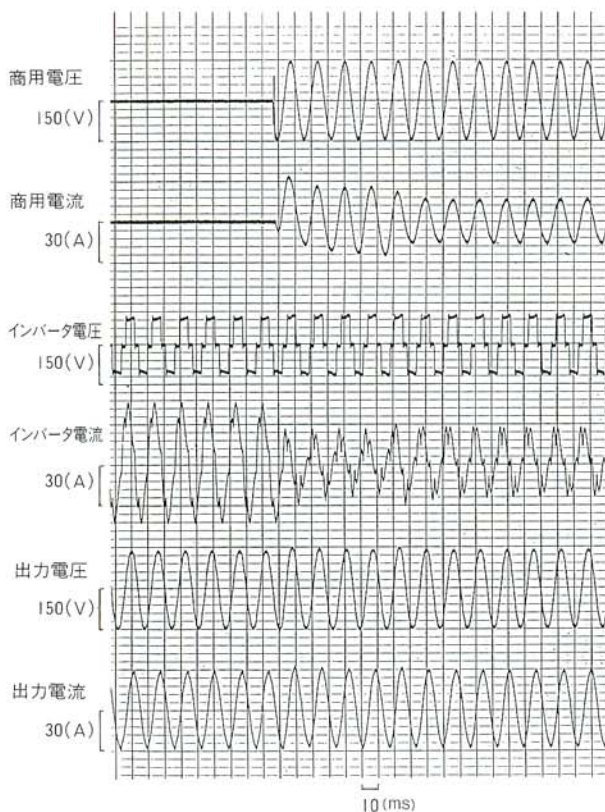


図14/商用電源復電時の波形  
Fig. 14/Transient waveforms at closing of power supply system

## 6 装置の主な機能と特長

本装置の主な機能及び特長を列記する。

- (1) 直流電源と商用電源の電力潮流を任意に制御できる。
- (2) 有効電力と無効電力の分担を制御できる。
- (3) サイリスタを使用した定電圧回路により直流電源及び交流電源の電圧変動に対して、また負荷の変動に対

して出力電圧を定電圧に保つ。

- (4) 商用電源の停電に対して、無停電電源として機能する。
- (5) 高調波フィルタによりインバータの電圧歪を抑制し、低歪率化をはかっている。
- (6) 運転状況を指示計器及びモニタ出力により監視できる。
- (7) 外部からの制御信号により自動運転システムとして対応できる。
- (8) 短時間電流容量が定格電流の10倍あり、逆位相投入などの過酷な使用に耐える。

## 7 あとがき

今回、連系インバータの動作についてその概要を紹介した。太陽光発電などの分散形電源の開発利用が盛んになるにつれ、電力の安定供給の面で商用電源との連系運転が重要になってくる。

今後、本装置の自動運転システムについて研究開発を進めていく所存である。

最後に本装置の製作にあたり、御指導、御助言を賜りました北陸電力(株)技術研究所課長福居殿、主査島殿に深く謝意を表する。

## 参考文献

- (1) 原田、他：太陽電池と商用電源の自動連系について、電気通信学会技術報告書、84、133 (昭59)
- (2) 山田、他：単相インバータを冗長系に持つ三相無停電電源装置、電気学会論文誌B、102-B、8 (昭57)
- (3) 原田：新しい無停電電源システム—トライポーター—、電気学会誌、100、41 (昭55)
- (4) 原田、他：帰還ループを持つ共振形定電圧回路の解析、電気学会論文誌B、103-B、19 (昭58)