直流機の界磁電圧形整流状態検出装置

正員 田原 和雄 (日立)

正員 小原 春雄 (日立)

正員 高橋 典義 (茨城大)

正員 江藤 哲生 (日立)

Main Pole Search-coil Method for Detecting Commutation Condition of Direct Current Machines

Kazuo Tahara, Member, Haruo Koharagi, Member, (Hitachi Ltd.), Noriyoshi Takahashi, Member (Ibaraki University), Tetsuo Etoo, Member, (Hitachi Ltd.)

As the operating lifetimes of direct current machines depend on their commutation performance, for electrical engineers. The progress of power switching devices expands a range of an abrupt load variation of direct current machines.

Therefore, though overall commutation performance of direct current machines is good, sometimes problems arise.

This paper describes the investigation results on main pole search-coil method for detecting commutation condition. The method can be used in the commutation compensation system which enables to materialize no-spark commutation.

The detecting equipment is possible to judge the commutation condition by detecting the induced voltage on the main pole search-coil during commutation. The equipment for use in a commutation test machine is fabricated and proved effective by performance tests.

キーワード：直流電動機，整流火花検出，整流補償方式，整流状態検出法，整流，整流曲線

1. ま え が き

大形直流電動機は電気装荷の増加および速度制御範囲の拡大による高速化により，整流性能を左右する運転条件が厳しくなっている。従来，整流性能悪化に伴うブラシからの火花発生が大きいと，ブラシ摩耗や整流子面の損傷が著しくなり，最悪の場合には運転を継続することができなくなる。このため，直流機を常に有害でない火花で運転することは，重要な課題である。

著者らは，その一つの対処法として整流補償量の過不足に伴う過整流および不足整流状態を検出して補極の起磁力を積極的に制御する整流補償方式の開発を進めてきた⁽¹⁾。この整流補償方式を実現するには信頼性の高い整流状態検出法（整流火花の大きさのみでな

く，整流補償量の過不足検出）が必要となる。直流機の整流火花検出法としては電気学会の直流機専門委員会技術報告に詳細に報告されている⁽²⁾。また，その他の方法として整流コイルと磁氣的結合状態にある主磁極の界磁巻線あるいは探りコイルに誘起する誘導電圧に着目した結果なども発表されている^{(3)~(5)}。しかし，整流補償量の過不足による整流コイルの整流電流変化に対する誘導電圧の関係および整流火花の大きさと誘導電圧の関係などは明確に示されていない。今回，この整流状態検出法の原理構成および実機適用の可能性を明確にするために，主磁極に界磁巻線の他に探りコイルを巻き，整流補償量の過不足によって探りコイルに生じる誘導電圧を検出し，その誘導電圧を信号処理回路で出力する整流状態検出法の基礎検討および装置を試作した。また，実際に直流機の整流補償量（補極

磁束量)を変えて試作装置の機能評価を行った結果、良好に検出できることを確認したので、その結果について述べる。

2. 従来の整流火花検出法

表1に従来からの整流火花の検出法と今回検討した検出法の概略を比較して簡単に特徴を示す⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

電機子電圧形は正負ブラシ間に重畳した火花電圧をコンデンサを介して検出する方式で、古くから検討されており、現在でも火花検出器として市販されている^{(8)~(11)}。

なお、火花電圧とは、ブラシから火花を発生し始めるときのブラシと整流子片間の電圧である。この方式はコンデンサと主回路とを絶縁するために絶縁増幅器が必要となる。スタッド電圧形は補助ブラシをブラシ後端部に設けて、整流コイルがブラシ下から離れるときのブラシ接触電圧降下を検出する方式である。

この方法は火花電圧を直接測定できると同時に電機子電圧形と同様に整流補償量の過不足も電圧の極性と大きさで確実に判断できる。しかし、電圧検出用の補助ブラシを設ける必要があり、補助ブラシの摩耗、しゅう動特性の悪化などのために信頼性に欠ける。このため、整流火花検出法としては検出部の信頼性が高い電機子電圧形、火花光形および電波形が製品化されている。

ここで、電機子電圧形と火花光形は直流機の火花検出、電波形はタービン発動機のブラシとスリップリング間の火花検出に用いられている⁽¹²⁾。なお、火花光

形は火花の光を光電管、二次電子増倍管、紫外線放電管およびホトトランジスタなどを使用して検出する方法で、主回路とは非接触で検出できる^{(13)~(15)}。しかし、整流補償量の過不足検出ができないこと、および受光部の経年変化による感度低下の問題がある。これに対し、今回検討した主磁極に探りコイルを設ける火花検出法は整流終了時における整流コイルの急しゅんな電流変化によって生じる変動磁束が界磁鉄心中を通ることに着目し、この磁束変化を主磁極に巻いた探りコイルで誘導電圧として検出し、火花の発生及び誘導電圧の極性から整流補償量の過不足をも判定するようにしたものである。

このように、本方法は整流状態を検出することができることから、便宜的に界磁電圧形整流状態検出法と以下、略称することにする。

3. 界磁電圧形整流状態検出法

界磁電圧形整流状態検出法の原理を図1で説明する。(a)図に示す整流コイルの電流変化は補極ギャップ起磁力(整流補償量)の大きさと異なり、①は整流補償量が適正な場合の直線整流、②は過補償の場合(過整流)および③は不足補償の場合(不足整流)の整流曲線である。(b)図で整流が良好な①の直線整流の場合には、整流終了時の電流変化が急しゅんでないので、主磁束も変化せず主磁極の探りコイルには電圧が誘起しない。また、②の過整流の場合は電流の反転が早く行われるために、補極 n 極側の中性軸上では

表 1 整流火花の検出法
Table 1. Methods of detecting the commutation spark.

		従 来 の 火 花 検 出 法				新検出法
		電機子電圧形	スタッド電圧形	火花光形	電波形(アンテナ)	界磁電圧形
(1)	構 成					
特 徴	全ブラシの火花検出の難易	易	難	難	易	易
	個々のブラシの火花検出の難易	難	易	易	難	難
	S/N比	小	大	小 (外来光遮断 大)	小	小
	主回路との絶縁	要	要	不要	不要	不要
	検出部の劣化	無	有 (検出ブラシの摩耗)	有 (光電管の感度低下)	無	無
	整流状態の過不足判定	可	可	不可	不可	可

③印方向、補極 s 側では②印方向の電流が流れる。このため整流コイルの起磁力は、主磁束を減磁させる方向の磁束 $-\Delta\phi_m$ を生じ、逆に④の不足整流の場合は主磁束を増磁させる磁束 $\Delta\phi_m$ を生じる。この磁束 $\Delta\phi_m$ は各整流コイルの整流が順次行われるので、直流磁束となり電動機速度特性に影響を及ぼすが、主磁極の探りコイルには電圧を誘起しない。しかし、整流終了時の電流変化 Δi_e はブラシで短絡されていた整流子片が開放されるときに電流変化であり、主磁極探りコイルには誘導電圧が発生する。すなわち、④の過整流における整流終了時は整流子片 1 がブラシ下から離れるときに $-(I_a/2 + \Delta i_e)$ の電流が流れており、整流子片 1 がブラシから離れた瞬間に $-\Delta i_e$ の電流が遮断されて零になる。ここで、整流コイルの実効インダクタンスを L とすると、ブラシの短絡が開放された瞬間の電流変化でリアクタンス電圧 $(-L\Delta i_e/\Delta t)$ が発生し、ブラシと整流子片間の電圧が火花電圧を超えると火花が生じる。また、 $-\Delta i_e$ が零になる瞬間は $\Delta\phi_m$ も変化し、その変化分を $\Delta\phi_e$ とすると磁束 $\Delta\phi_e$ の方向が図示のように主磁束を減磁する磁束 $\Delta\phi_m$ に対して相反する方向となり、主磁束を増磁する方向に急し

ゅんに変化する。この結果、主磁極の探りコイルの巻数を n_s および整流コイルとの磁気的な結合係数を k とすると、主磁極探りコイルには磁束の変化分 $\Delta\phi_e$ の通過を抑制する方向に、次式で示す誘導電圧が生じる。

$$e_s = -kn_s(d\phi_e/dt) \dots\dots\dots (1)$$

次に、④の不足整流の場合には、整流子片 1 がブラシ下から離れる直前の電流が $(-I_a/2) + \Delta i_e$ であるから、ブラシでの短絡が開放された瞬間の電流変化率により過整流の場合とは逆方向にリアクタンス電圧が発生して火花の要因となる。また、 Δi_e が零になる瞬間は $\Delta\phi_m$ も変化し、その変化分が $-\Delta\phi_e$ となり、主磁束を増磁していた磁束 $\Delta\phi_m$ に対して相反する方向で主磁束を減磁させる方向に急しゅんに変化する。

主磁極探りコイルには次式で示す誘導電圧 e_s が発生し、誘導電圧の方向は先の過整流の場合と逆になる。

$$e_s = kn_s(d\phi_e/dt) \dots\dots\dots (2)$$

従って、主磁極の探りコイルの誘導電圧 e_s を検出して正、負の電圧方向を判断すれば整流補償量の過不足状態がわかり、誘導電圧の大きさから火花の大きさを推定できる。

4. 界磁電圧形整流状態検出装置の回路構成と検討項目

界磁電圧形火花検出法による整流状態検出装置を試作するための基礎検討を行うために、以下に実験回路と検討項目を述べる。

<4・1> 実験回路 図 2 に主磁極に探りコイルを巻いた整流状態検出装置の基本回路を示す。

主磁極の探りコイルは各主磁極の根元に 5 回巻きし

図 1 界磁電圧形整流状態検出法の原理
Fig. 1. The fundamentals of main pole search-coil method for detecting the commutation.

図 2 界磁電圧形整流状態検出法の基本回路
Fig. 2. Basic circuit of main pole search-coil method for detecting the commutation.

表 2 整流試験機の仕様
Table 2. Specification of commutation test machines.

	100 kW 機	2,000 kW
容 量 (kW)	100	2,000
電 圧 (V)	200	1,000
回転速度 (rpm)	1,500	350/900
極 数	4	6
主磁極	成層鉄心	成層鉄心
継 鉄	塊状鉄心	成層鉄心

て取付けると共に、図示のように界磁巻線と同様の方法で各極が異極を構成するよう接続する。この結果、整流コイル電流の急しゅんな変化によって生じた磁束変化を主磁極探りコイルの誘導電圧として検出することができ、かつ各主磁極探りコイルの誘導電圧の方向が同一となるので、いずれのブラシから火花が発生しても検出することができる。

界磁電圧形整流状態検出は探りコイルの出力を周波数弁別部で高周波成分の火花に対応した誘導電圧のみを取出し、高周波増幅部で増幅し、更に指示計などに表示するために波形処理部で直流電圧信号に変換する構成とした。主磁極探りコイルは表 2 に示す整流試験機に取付け整流火花試験を行った。本試験において整流補償量の過不足による火花発生は補極に設けた補助補極巻線の励磁量を変えて行った。また、供試機では主磁極に設けた探りコイルで火花による誘導電圧を測定すると共に、電機子巻線に取付けた整流電流検出用の探りコイルで、火花発生時の整流コイルの電流変化（整流曲線）および補助ブラシでブラシ後端電圧も測定した。

〈4・2〉 検討項目 主磁極探りコイルによる整流状態検出法の基本性能を確認するため、次の項目について検討した。

- (1) 整流補償量の過不足に対する主磁極探りコイルに誘起する誘導電圧の関係
- (2) ブラシ後端電圧と主磁極探りコイルの誘導電圧の関係
- (3) 火花号数と主磁極探りコイルで検出した誘導電圧の関係

5. 実験結果と検討

〈5・1〉 整流補償量の過不足と主磁極探りコイルの誘導電圧 図 3 は火花発生時における 1 回転中の整流曲線と主磁極探りコイルの誘導電圧波形のオシログラムを示す。

供試機の極数は 4 極なので、一つのコイルが 1 回転する間に整流が 4 回行われる。本オシログラムで整流

図 3 過、不足整流状態における整流曲線と主磁極探りコイルに誘起した誘導電圧波形
Fig. 3. Waveforms of armature coil current and induced voltage on main pole search-coil at under and over-commutation condition.

図 4 整流曲線と主磁極探りコイルの誘導電圧波形

Fig. 4. Waveforms of armature coil current and induced voltage on main pole search-coil.

状態が不足整流の場合は正の高周波ピーク電圧が、過整流の場合には負の高周波ピーク電圧がほぼスロットごとに発生している。また、主磁極探りコイルの誘導電圧は火花号数の大きさに対応して、誘導電圧の最大値も変化していることがわかる。この結果より、主磁極探りコイルにより整流火花を精度良く検出できることがわかった。

図 4 も各整流状態における整流曲線と主磁極探りコイルの誘導電圧の関係を示すオシログラムで、図 3 に比して時間軸を拡大して観測した結果である。

これより、最適整流では整流コイルがブラシの短絡

から開放される整流終了時の電流変化が非常に小さいために、主磁極探りコイルには誘導電圧が発生しない。

しかし、過整流および不足整流の場合には整流終了時の電流変化 Δi_a が大きいために、主磁極探りコイルの誘導電圧として高周波ピーク電圧（●印表示）が発生していることがわかる。この火花発生時に主磁極探りコイルに誘導される高周波ピーク電圧は、ピーク電圧の時間幅が整流周期 ($T_c=1.1$ ms) に比してはるかに小さく、整流終了時の瞬時の電流変化で発生していることがわかる。

〈5・2〉 ブラシ後端電圧と主磁極探りコイルの誘導電圧 図5は各整流状態において主磁極探りコイルの誘導電圧と、ブラシ後端に設けた補助ブラシで検出したブラシ後端の接触電圧降下波形のオシログラムを示す。

これより、最適整流時には主磁極探りコイルの誘導電圧およびブラシ後端電圧にピーク電圧が認められない。しかし、過整流と不足整流の場合は、いずれも電圧の方向が異なるが、高周波のピーク電圧が発生している。なお、ブラシ後端電圧波形で火花発生状況を見ると、整流子片周期の2倍周期で火花が発生する傾向がある。

これは供試機のスロット内の上層導体のコイル辺数 u が2であることに起因している。また、主磁極の探りコイルに誘起している高周波ピーク電圧も、ほぼ整流子片周期の2倍周期で発生しており、ブラシ後端電圧と同様の傾向を示すことが確認できた。しかし、本オシログラムから明らかなように、ブラシ後端電圧は

図5 主磁極探りコイルの誘導電圧とブラシ後端接触電圧降下波形

Fig. 5. Waveforms of induced voltage on main pole search-coil and contact drop voltage of brush trailing-wedge.

整流補償量に対応した直流電圧成分を検出できるのに対し、主磁極探りコイルの誘導電圧では原理的に直流分を検出することができない。すなわち、界磁電圧形火花検出法では整流終了時の電流変化がない限り誘導電圧が出力されないことになる。

このように、主磁極探りコイルには、整流終了時の急瞬な電流変化によって発生する整流火花に対応して高周波ピーク電圧が誘起し、更に整流補償量の過不足により、誘導電圧の極性が変化して、ブラシ後端電圧と同一傾向を示すことが明らかとなり、整流状態検出装置として十分適用できる見通しを得た。

〈5・3〉 火花号数と界磁電圧形整流状態検出装置の出力電圧 図6は補極の起磁力（整流補償量）を変化させて、火花号数を設定した場合の波形処理部の入力電圧と出力電圧波形のオシログラムを示す。

これより、火花号数の増加に対応して周波数弁別および高周波増幅部を介した主磁極探りコイルの誘導電圧である高周波ピーク電圧の大きさが増し、更に火花が発生する整流子片の数が増すので1回転中の高周波ピーク電圧の発生頻度も増加する。この結果、高周波ピーク電圧を全波整流回路とピークホールド回路で直流の電圧に変換する波形処理部の出力電圧（火花出力

図6 火花検出回路の入出力電圧波形

Fig. 6. Waveforms of induced voltage on main pole search-coil and output voltage of the monitor.

(a) 補極添加電流に対する火花号数と火花出力電圧

(b) 火花号数に対する火花出力電圧

図7 火花号数と界磁電圧形整流状態検出装置の出力電圧の関係

Fig.7. Relation of commutation spark and output voltage of the monitor.

電圧と呼称)は火花号数の大きさに比例して増加する。今回の実験では100 kW 整流試験機の補助補極巻線の添加電流 I_p を調整することにより、ブラシから発生する火花号数を肉眼で判定し、実験条件を設定した。図7(a)は横軸の補極添加電流に対し、縦軸を火花号数と火花出力電圧で表した実測結果である。これより、補極添加電流の増加に対し、若干のばらつきがあるものの、火花号数と火花出力電圧は比例して大きくなることわかる。

(b)図は(a)図の火花号数と火花出力電圧の関係を、横軸を火花号数、縦軸を火花出力電圧で表した結果である。これより、火花号数の増加に対応して火花出力電圧も大きくなるので、火花出力電圧の値から火花号数推定が可能である。従って、界磁電圧形整流火花監視装置および補極起磁力を積極的に制御して無火花運転を行う整流制御装置の整流状態検出装置に適用できることが確認できた。

〈5・4〉 界磁電圧形整流状態検出装置の試作結果

図8に試作した界磁電圧形整流状態検出装置のブロック図の構成を示す。今回、特に主磁極探りコイルの出力端子を下限リミッタ回路に入力し、スロットリプル等の磁束脈動が存在する機械にも対応できるように下限リミッタ値は可変できる構成にしている。また、

図8 試作界磁電圧形整流状態検出装置の構成
Fig.8. Block diagram of the commutation condition monitor.

図9 試作界磁電圧形整流状態検出装置の外観
Fig.9. Exterior view of the commutation condition monitor.

周波数弁別器は高域フィルタで構成し、界磁電流を変化させたときの主磁束の変化で主磁極探りコイルに誘起する電圧を除去するために設けている。

なお、図9に試作した界磁電圧形整流状態検出装置の外観を示す。本装置は火花の大きさを指示計で表示し、整流補償量の過不足を2個の発光ダイオード(−, +LED)で表示する構成とした。

6. 実験結果と検討

試作した界磁電圧形整流状態検出装置の機能を確認するために、100 kW 整流試験機の他に2,000 kW 機の主磁極にも探りコイルを取付けて整流試験を行った。両供試機とも全主磁極の根元に探りコイルを5回巻きにして界磁巻線と同様に直列に接続した。

図10は2,000 kW 機の補助補極巻線を励磁、および減磁して過整流および不足整流状態に設定した時の主磁極探りコイルの誘導電圧波形と下限リミッタ回路を介した誘導電圧のオシログラムを示す。同図より、下限リミッタ回路を設けた結果、スロットリプルによる脈動電圧が除去され、火花による誘導電圧のみを検出できることがわかった。

図11は定格負荷時の各回転速度において、補助補極巻線の起磁力を調整して火花を発生させた場合の火花号数と整流状態検出装置の出力電圧の関係を示す。

これより、火花号数に対する出力電圧 V_0 は回転速度が異なってもほぼ同一の傾向を示すと共に、過整流、不足整流にかかわらず、火花号数に対応した出力

I_p : 補極添加電流 (補極補助巻線)

2,000 kW 機, 1,000 V, 2,180 A

図 10 主磁極探りコイルの誘導電圧と下限リミッタ回路の出力電圧波形

Fig.10. Relation of induced voltage on main pole search coil and output voltage through lower limiter circuit.

2,000 kW 機

図 11 火花号数と界磁電圧形整流状態検出装置の出力電圧

Fig.11. Relation of commutation spark and output voltage of the commutation condition monitor.

電圧が得られることを確認することができた。なお、同様の試験を 100 kW 機で行ったが、火花号数に対してほぼ同一の出力電圧を得た。

以上は供試機を定常運転状態にて、火花を発生させた場合の整流状態検出機能を評価したが、実機における負荷状態では電機子電流が急しゅんに変化する場合が多い。このため、100 kW 整流試験機で実際に電機子電流を急しゅんに変化させて過渡時の火花検出機能の評価を行った。また、同時に火花光形の光電管 (二次電子増倍管) を用いた火花検出とブラシ後端電圧も

図 12 補助補極巻線添加電流急変時における界磁電圧形整流状態検出装置の出力電圧
Fig. 12. The output voltage of the monitor at auxiliary interpole coil current increase.

図 13 過渡状態における界磁電圧形整流状態検出装置の出力電圧

Fig.13. The output voltage of the commutation condition monitor at transient commutation.

測定して、比較検討を行った。

図 12 は 100 kW 機を発電機として運転し、補助補極巻線の補極添加電流 I_p の方向を正および逆方向に変化させたときのオシログラムを示す。これより、過整流時 ($I_p=17.5$ A) はブラシ後端電圧が -3 V 以上で火花号数 4 号となり、光電管出力および火花検出装置の出力電圧も発生し、過整流表示の $-$ LED が点灯した。

逆に、不足整流時 ($I_p=-17.5$ A) にはブラシ後端電圧が 3 V 以上で火花号数 4 号となり、先と同様に光電管出力および火花検出装置の出力電圧が発生し、不足整流表示の $+$ LED が点灯することを確認した。

図 13 は実際に抵抗負荷をスイッチにより投入した場合のオシログラムで、補極磁束の遅れによって発生する過渡時の整流火花に対応して界磁電圧形整流状態検出装置の出力電圧も発生することが確認できた。

7. む す び

今回、整流コイルの整流終了時における急しゅんな電流変化による磁束の変化を、主磁極に探りコイルを巻いて誘導電圧として検出する界磁電圧形整流状態検出法の基礎検討を行うと共に、実際に整流状態検出装置を試作して評価試験を行った結果、次の結論を得た。

(1) 主磁極探りコイルには、火花号数に対応した誘導電圧(高周波ピーク電圧)が発生する。

(2) 主磁極探りコイルに誘導された高周波ピーク電圧の正、負判定により、整流補償量の過不足判定が可能である。

(3) 主磁極探りコイルによる火花検出結果とブラシ後端電圧を検出するスタッド電圧形の火花検出結果の傾向がよく一致し、整流状態検出法としての有効性が確認できた。

(4) 試作した界磁電圧形整流状態検出装置は定常負荷運転時および電機子電流が急しゅんに変化する過渡運転時でも整流状態を検出できることを明らかにした。

終わりにのぞみ、本研究を進めるにあたり御指導いただいた九州産業大学工学部 木脇教授、(株)日立製作所日立工場 古山副工場長、大井部長、石川部長、同多賀工場 宮下副技師長、同日立研究所 植田部長の各位に対しまして深く謝意を表します。

(平成元年9月27日受付、同2年4月19日再受付)

文 献

- (1) 小原木・田原・松井・高橋:「直流機の整流制御」, 電学論 104, (昭59-7)
- (2) 直流機専門委員会:「整流火花の分類法」, 電気学会技報 No.61, (15) (昭39)
- (3) E. I. Shobert & J. E. Diehl: "A New Method of Investigating Commutation as Applied to Automotive Generators", *Trans. AIEE*, III, 73, 1952 (1955)
- (4) 一木・河井・木村・茂木: "Commutation of 50 Cycle Single-phase Commutator Motor for A. C. Locomotive", *HITA-CHI REVIEW*, 6, No. 1 (1957)
- (5) K. Wada: "Kohlebürster für Maschinen mit kommutatoren", *E. und M.*, 87, No. 1 (1969)
- (6) 田原・小原木・高橋:「直流機の火花検出法の検討」, 電気学会回転機研資, RM-85-29 (昭60)
- (7) 田原・小原木・高橋:「直流機の整流火花検出法の実用化検討」, 昭62 電気学会全大, No. 820
- (8) R. T. Lundy: "Measuring Commutation with an Indicating Instrument", *Trans. AIEE*, II, 68, 1380 (1949)
- (9) 一木・茂木・岩淵:「水素中における直流機の整流特性」, 電学誌, 75, 1475 (昭30-12)
- (10) S. T. Roumain: "The Null Point Method of Commutation Adjustment", *AIEE Trans. Part III*, 75, 150 (1956)
- (11) 藤野・石丸:「整流火花測定器(Spark Vision)」, 安川電機, 23, 85 (昭34)
- (12) 道口:「発電機集電環火花監視装置の実験的検討」, 昭56 電

気学会全大, No. 1299

- (13) 宗宮・山名:「電機整流火花の指示に関する実験」, 炭素, 6, 13 (昭33-3)
- (14) 稲垣・伊東:「波高分析器による整流火花の研究」, 東芝レビュー, 16, 1131 (昭36-9)
- (15) 石川:「直流機の無火花帯直視装置」, 日立評論, 47, 7 (昭40-4)

田 原 和 雄 (正員)

昭和17年2月13日生。35年3月山梨県立甲府工業高等学校電気科卒業。同年4月(株)日立製作所入社, 日立研究所に勤務。39年3月日立茨城工業専門学校電気科, 43年3月茨城大学工業短期大学部電気工学科卒業。工学博士。回転機研究室に所属し, 主として, 整流に関する研究に従事。

小原木 春 雄 (正員)

昭和28年2月5日生。46年3月佐賀県立鳥栖工業高等学校電気科卒業。同年4月(株)日立製作所入社, 日立研究所に勤務。50年3月日立茨城工業専門学校電気科卒業。回転機研究室に所属し, 主として整流に関する研究に従事。

高 橋 典 義 (正員)

昭和10年3月1日生。34年3月東北大学工学部電気工学科卒業。同年4月(株)日立製作所入社, 日立研究所に勤務。主として, 回転電気機械の研究に従事。平成2年4月茨城大学教授, 現在に至る。工学博士。

江 藤 哲 生 (正員)

昭和25年8月7日生。46年3月国立佐世保工業高等専門学校機械科卒業。同年4月(株)日立製作所入社, 日立工場に勤務。主として, 圧延設備用直流電動機の開発, 設計に従事。現在, 同工場主任技師。