

氏名(本籍)	斧田 誠一(宮城県)
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第221号
学位授与年月日	昭和45年3月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科専門課程	東北大学大学院工学研究科 (博士課程)電気及通信工学専攻
学位論文題目	指向性合成による線スペクトル騒音の自動制御に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 城戸 健一 教授 福島 弘毅 教授 二村 忠元

論文内容要旨

第1章 序 論

最近電力需要が増大するとともに、大容量の変電所が都市部に進出する傾向にある一方、郊外の既設変電所の周辺にも宅地がのびてきている。これに伴って電力用変圧器の騒音が公害問題のひとつとして取り上げられているが、現在までのところ騒音制御成績と経済性の上から満足すべき解決策は得られていない。本論文は、変圧器騒音が線スペクトルから成る定常的なものである点に着目し、指向性合成の立場からこれを天候など周囲条件の変化に応じて自動的に能動制御する新しい方法について述べたものであり、従来の方法にくらべ制御成績および経済性においてすぐれた効果をもつことを実証している。

第2章 騒音制御のための指向性合成に関する音場理論的考察

自由空間中（あるいは無限大剛壁上）に単一周波数の騒音を放射している点あるいは球状の音源があるとき、その周辺に同一周波数の適当な振動速度分布をもつ円環音源を付加することによって遠距離水平面上の音を互いに相殺せしめ得ること、また水平面からある角度範囲内において音が充分低減されることを理論的に証明した。図1は、半径 a なる一様呼吸振動球（波数 k ）の赤道上に、遠距離水平面上の音を相殺するような線音源を付加したときの垂直面内における指向特性の一例である。また、実際には、付加音源として円環音源などのように連続したものでなく、離散的な音源群で近似することになるが、その際の近似度を評価する目的で、球パフル赤道上に等強度の点音源群を等間隔に配列したとき、これを連続した線音源とみなせるために必要な点音源の個数について解析吟味した。

第3章 指向性合成のための付加音源群の制御方式

実際の変電所においては、変圧器騒音が水平方向において相殺されるような付加音源群の駆動条件はきわめて複雑であり、これを解析的に求めることはできない。従って、着目する諸方向に設けられた各観測点における音圧の自乗和などを評価関数にとり、駆動条件を決定してゆくことが實際上必要となってくる。本章においては、考察するモデルとして騒音源の周辺に n 個の離散的な付加音源があるとし、任意の地点に同じく n 個の観測点を設けたとき、観測諸点における音圧の自乗和を評価関数にとれば、これを零にする付加音源の駆動条件は一義的に定まり、かつ評価関数は付加音源群のパラメータの凸関数となることを示した。従って、各付加音源を傾斜法などにより同時に制御することが可能であるが、 n が大きくなると、このような制御方式では付加音源群の安定性が確保できない上、経済的にも好ましくない。そこで各付加音源を時分割的に逐次反復して制御してゆく方式を考えその取束性を吟味し、本方式の有用性を証明した。

第4章 付加音源の適応制御

屋外変圧器の周囲条件は天候などにより変動するから、各付加音源を評価関数が常に最小となるよう適応制御しなくてはならない。本章においては、適応制御の具体的な方法として周期振動法をとりあげ、その動特性を詳細に解析し、試作装置を用いて得られた実験結果と比較検討している。両者における結果はともに満足すべきもので、実用上の有効性が証明された。

解析のため、まず騒音を単一周波数の音と仮定する。いま、ある付加音源から同一周波数の音を振幅 x および位相 φ で出したとし、観測点における音圧の自乗値を評価関数にとって周期振動法により x 、 φ を適応制御する場合を考えると、本系の運動方程式は(1)式のように求められる。

$$\left. \begin{aligned} \dot{X}(t) &= -2C_x \Delta X \{X(t-\tau) + \cos \phi(t-\tau)\} f_x(t-\tau) f_x(t) \\ \dot{\phi}(t) &= 2C_\phi \Delta \phi \cdot X(t-\tau) \sin \phi(t-\tau) f_\phi(t-\tau) f_\phi(t) \end{aligned} \right\} (1)$$

ここに $X(t)$, $\phi(t)$ は x , ϕ の設定値, ΔX , $\Delta \phi$ は x , ϕ に対する摂動レベル, $f_x(t)$, $f_\phi(t)$ は x , ϕ に対する摂動関数で, それぞれ $2T_x$, $2T_\phi$ を周期とする ± 1 の 2 値関数とする。 C_x , C_ϕ は帰還系の適応ループゲインである。 τ は付加音源から観測点までの音の伝播によるむだ時間である。

(1)式より本系の安定性を論じ, むだ時間が系の動特性におよぼす影響を明らかにした。さらに計算機によるデジタルシミュレーションを行なって, 系設計のための基礎資料を与えた。図 2 はシミュレーションによって得られた応答パタンの一例である。次に, 試作装置の概要を論じ, 室内および屋外で行なったモデル実験について述べている。図 3 に室内モデル実験の結果の一例を示す。

第 5 章 変電所における実地実験

本章においては前章で述べた試作装置を用いて行なった変電所における実地実験について論じている。まず, 宮城県黒川郡東北電力吉岡変電所において行なった 1 方向多周波制御の実験では, 変圧器騒音の着目周波数成分を 20 数 dB 減衰させることができた。また, 宮城県名取郡同岩沼変電所において行なった多方向 1 周波 (100 Hz 成分) 制御の実験では, ひとつの付加音源あたりの騒音制御可能な水平角度範囲はほぼ 15° 程度であり, 付加音源を増すことによってこれを拡張できることが実証された。この結果から予想される水平角全域にわたって騒音制御する上に必要な付加音源の個数は騒音源を球と仮定した第 2 章の解析結果の約 2 倍となっているが, 複雑な形状をもつ実際の変圧器に対してはそれを包む半球の半径を大きめに見積る必要があることを示している。図 4 は変圧器騒音のうち 100 Hz 成分のみを制御したときの観測点における騒音レベルの時間変化を示したものであり, 図 5 は同じく 100 Hz 成分を 3 方向にわたって同時制御した場合の 100 Hz に対する騒音レベルの変化を示したものである。

第 6 章 結 論

以上要するに, 本研究による変圧器騒音の能動的な自動制御方式は充分実用にたえるものであり, 従来の受動的な制御方式にくらべて制御成績および経済性においてすぐれた効果が期待されるものである。

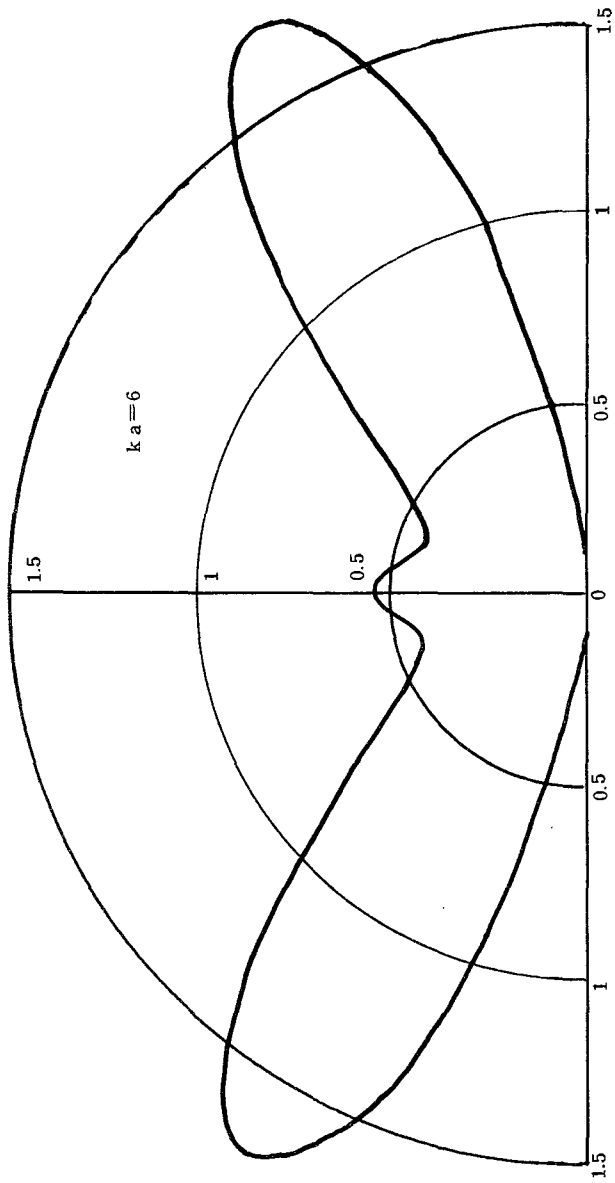
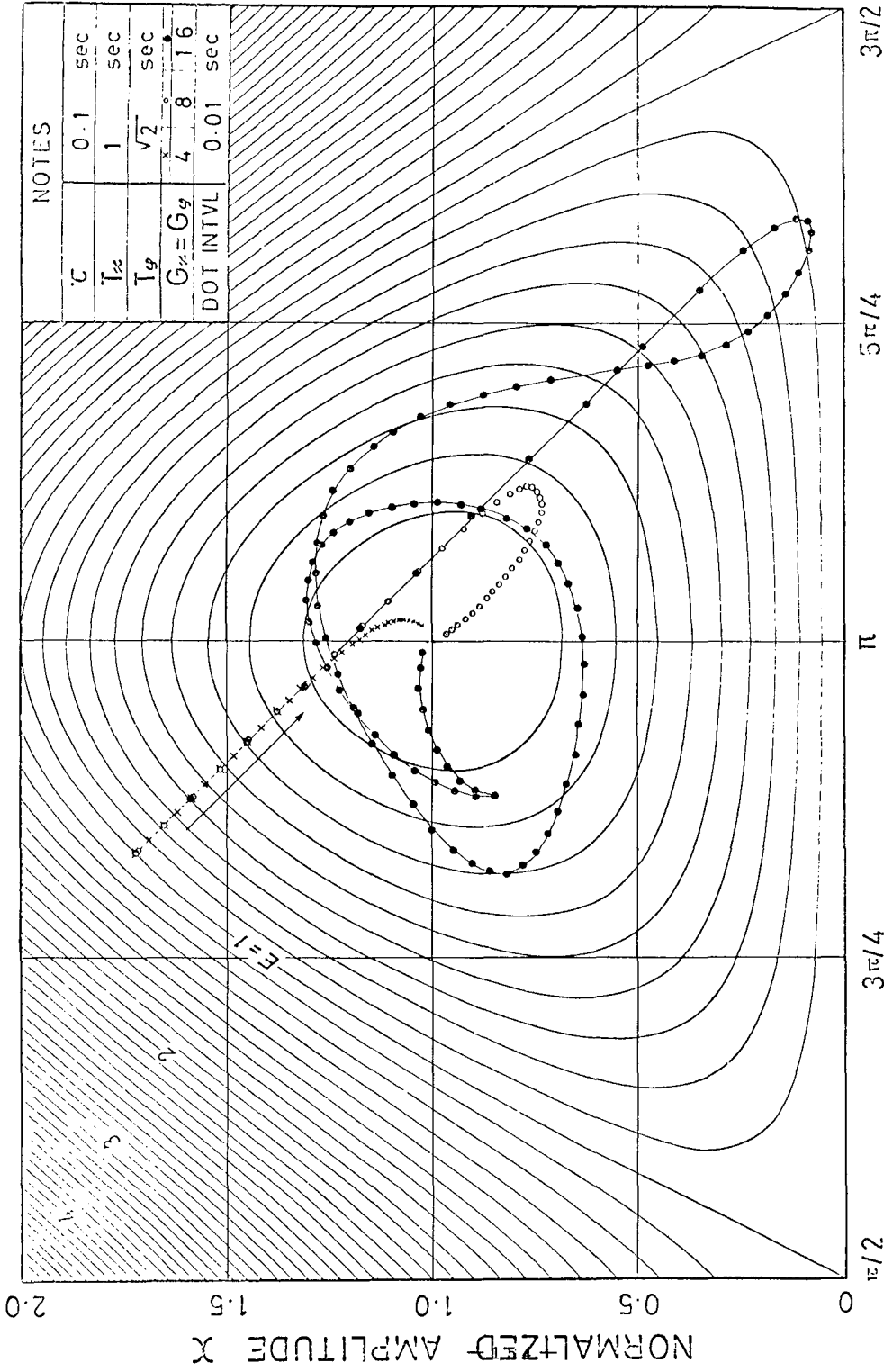
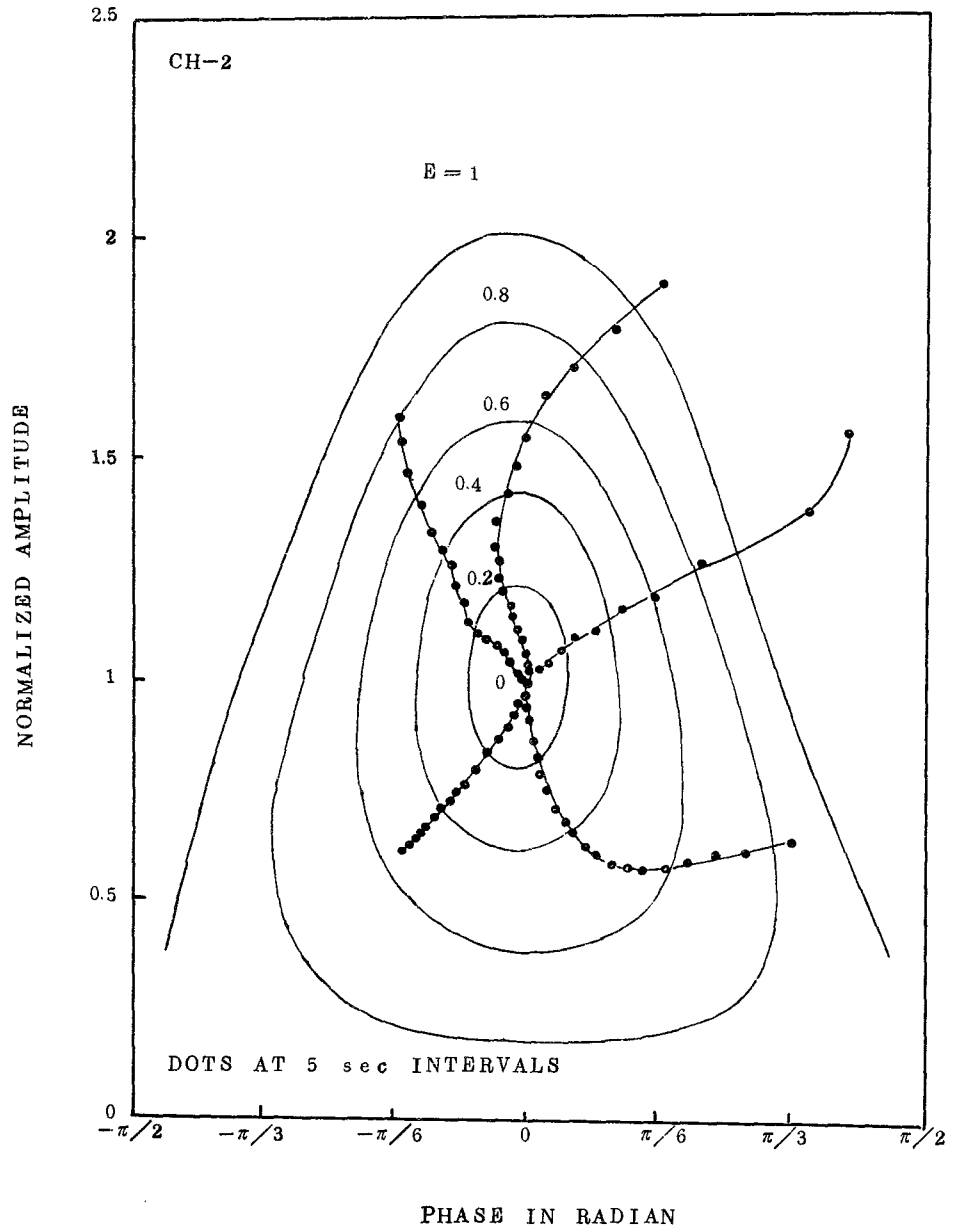
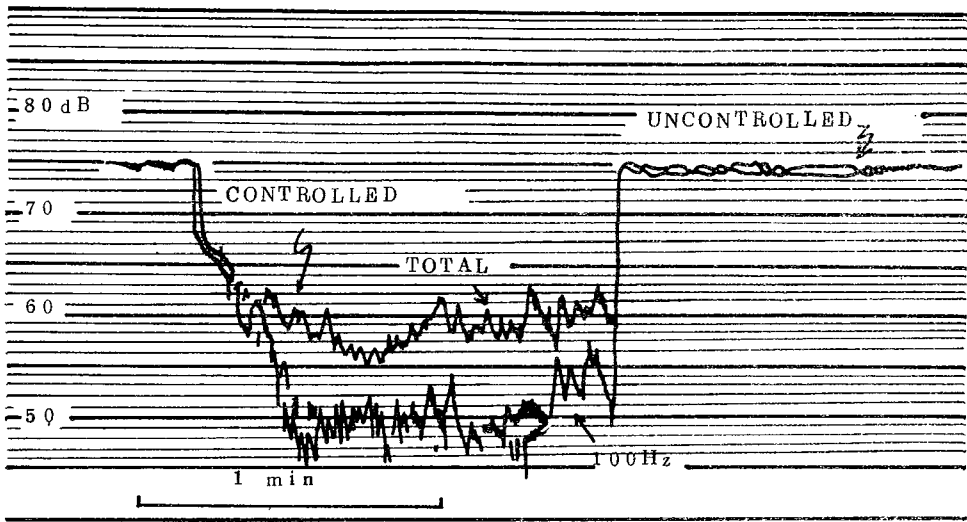


图 1

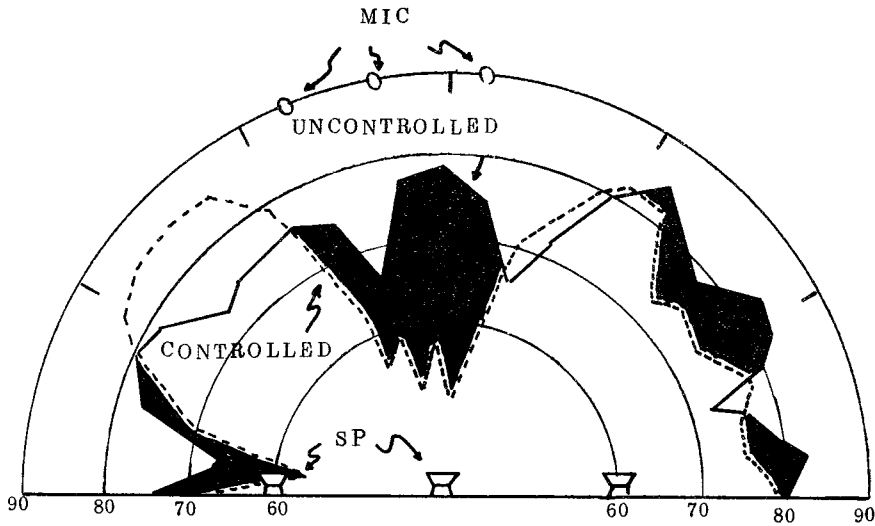




☒ 3



⊠ 4 EXPERIMENTAL RESULT, IN WHICH ONLY 100 Hz COMPONENT IS CONTROLLED



⊠ 5 SPL OF 100Hz COMPONENT IN dB

審査結果の要旨

近年、大型の電力用変圧器と住宅とが接近する機会が多くなり、変圧器の発生する騒音に基づく公害の問題が深刻になってきている。この問題には、従来低騒音変圧器の開発と変圧器騒音の音響的遮断との両面から対策が行なわれてきたが、経済性と実際効果とを両立させることは困難であった。変圧器の発生する騒音が電源周波数の偶数倍の周波数成分をもつ線スペクトルからなることに着目し、同じ周波数の音を変圧器の近傍で放射して指向性を合成し、注目点の方向の騒音を低下させようという着想は新しいものではないが、これに対する十分な検討は行なわれず、実用化もされていない。著者はこの方法に適応制御の手法を利用することを考えた。本論文は、このような背景のもとに、線スペクトル騒音を自動制御する方法について行なった研究を述べたものであり、全6章から成る。

第1章は序論である。

第2章には、騒音制御のための指向性合成に関する音場理論的考察とモデル実験を述べてあり、点または球音源の周囲に円環音源、または、それを近似する点音源群を付加することにより水平面内の音圧を零にすることが可能なことが示されている。

第3章では、指向性合成のための付加音源群の制御方式を検討してある。すなわち、制御の評価量として諸観測点の音圧の二乗和をとれば、これが付加音源群の振幅と位相の凸関数となり、評価量を極小にする解が一通りだけ存在することを示し、さらに、付加音源群を逐次に制御する場合の収束性を吟味して制御の実際的な可能性を明らかにしている。これは、本方式の可能性と実用性を証明した新しい成果である。

第4章では、音波の伝搬時間に基づくむだ時間を考慮に入れた適応制御系の解析と実用的な装置について述べてある。本章の成果によって、線スペクトル騒音の指向性の自動制御が始めて可能となったのである。

第5章は、本研究の成果を実際の変電所に適用して効果を上げた具体的な諸問題と結果とを述べたものである。

第6章は結論である。

以上のように、本論文は、線スペクトル騒音の指向性を付加音源を用いることによって適応制御する新しい方法を通じ、電気音響学に自動制御の手法を導入することの有効な実例を示したもので、電気工学の進歩に寄与する処少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。