

空中線測定における諸問題 (第一報)

Some Problems Concerning Antenna Measurement (Part 1)

白川 庸一* 古谷 勝美*

内 容 梗 概

VHF 帯アンテナの測定には多くの問題点がある。筆者たちは日立製作所戸塚工場において、主として VHF 帯アンテナの測定設備の整備改善を担当してきた。本稿には現在までに当面した幾つかの問題をテーマとして、測定上の難点を衝きこの解決法に対する提案を行つている。

これらの提案は現在すべて日立製作所戸塚工場の測定設備に活かされており、本稿はその紹介も兼ねている。

上記の設備の特長は小電力型であること、大きな S.W.R の測定ができること、および利得の測定に改善された方式を採用していることなどである。

本稿はその第 1 報であり、主として測定設備について述べられている。

〔I〕 緒 言

戦後超短波通信およびテレビジョンの普及は著しく、これに伴つて超短波空中線の需要もまた高まつてきた。われわれは夙にこの新しい分野の開発を促進すべく努力を重ね、現在までに種々の通信用、テレビジョン用の空中線を生産してきた^{(5)~(7)}。超短波帯では一本のリード線のインダクタンスさえ問題になる程で、測定を安定に行うためには細心の注意と実験技術が必要であつた。

殊に空中線の測定に当つては、一旦空中に輻射させて測定を行わねばならぬため、問題は倍加されたように思われる。筆者らは日立製作所戸塚工場において空中線測定に関係し、これら当面する諸問題と取組み、それぞれの立場からこれを検討解決することに努力してきた。

その結果は主として測定設備の改善に活かされ、現在ほぼ満足すべき状態にすることができ、製作された空中線について自信のある性能を発表できているので、この機会に現状の紹介を兼ねて、これら当面した幾つかの問題について報告して大方の御批判を仰ぎたいと考え、筆を執つた次第である。

本稿にはその第一報として、主として測定設備について述べ、第二報に測定に伴う問題点をとり上げることにした。

〔II〕 測定の対象になる特性値について

空中線としては第一に送信機の出力が目的方向に効率よく輻射され、あるいは全く可逆的に受信機の入力が目的方向から到来する電力を能率よく受信することが必要である。このような一般的な要求を満足させるためには、大別してつぎの三つの特性について検討されなければならない。

第一に空中線の給電点インピーダンスが給電線に整合

され、送入電力が結合損失なく空中線に流入すること、第二に指向方向が要求される方向と一致していること、第三は指向方向に対する電力利得が十分であること、この三点である。さらに多くの場合、これに附帯して上記の特性値の周波数特性の良好なことが要求される。

これらのうち、第一の整合の問題は性質上電気回路的なものと考えられ、補償回路などにより可成変えることができる。これに対し第二、第三の指向性、利得の問題は、寸法形状からくるもので一括して輻射特性と呼ばれる性質のものであつて、前者を電氣的というならば、これは物理的な特性ということができよう。

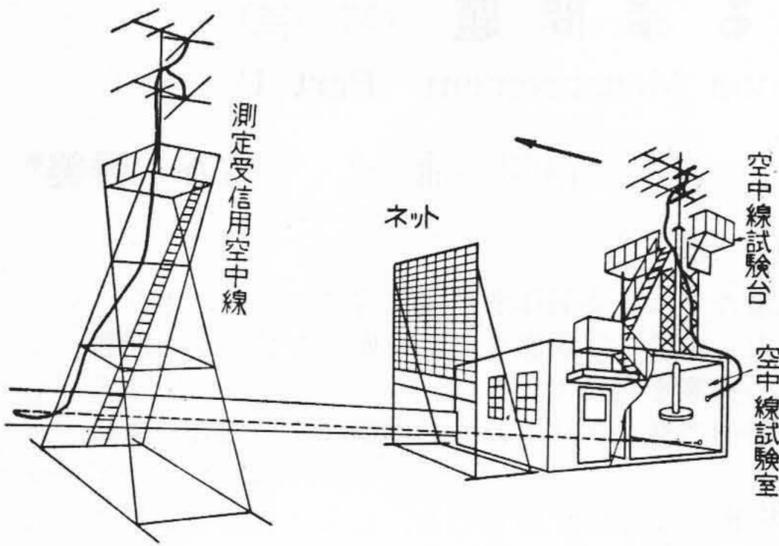
このように二つに大きく区分して記述を進めた方が考え方の点ではスッキリすると思われるが、若干耳馴れぬ分類法なので本稿では一般的なインピーダンス、利得指向性という項目で記述を進めて行くことにする。

〔III〕 測定の原理と設備の概要

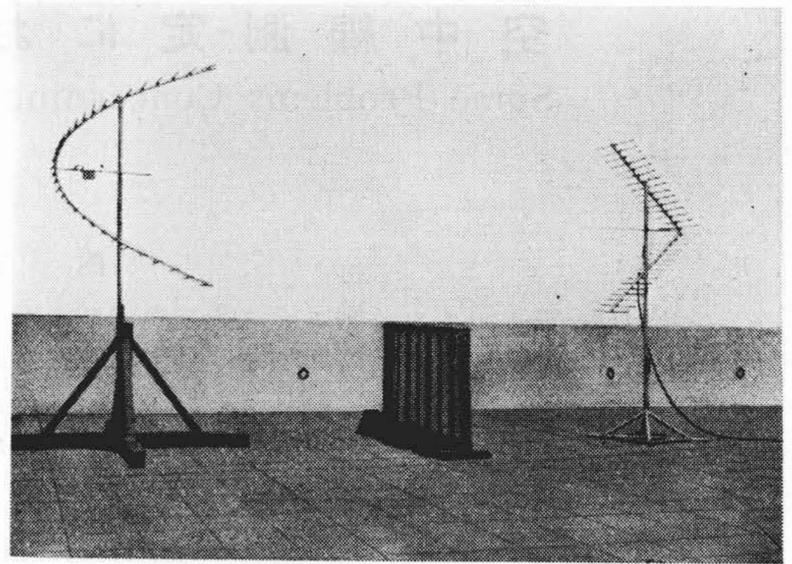
冒頭に述べたように、ここに紹介する測定設備は工場試験のためのものであつて、基礎研究を専門とされる方々の採られている方式とは若干設備的にも異り、その考え方の立脚点も相違する点があるかと考える。

そこでまずわれわれのこの設備に対する要求を明記しておこう。当然のことながら第一は精度であり、第二は測定速度の速いこと。第三は可及的小人数で操作できることである。第一の精度の問題はまず測定器自身の精度の向上を要求し、ついで本稿中に述べているような各種の設備的な検討を行い、あるいはまた適切な補正を行うなどの方法でほぼその目的を達したものと考へている。第二の測定速度の向上は、計器検出器の速応性によつて拘束されるところが大きいので現在この点を主として改善を進めているが、現状では自記計器に移行できる程の自信がないので、読取式ではあるが、測定値一点の打点が約 2 分前後でできるまで向上した。将来は飽くまで自

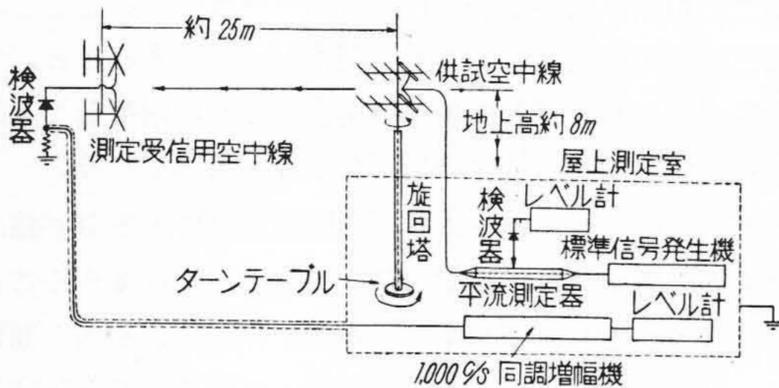
* 日立製作所戸塚工場



第1図 超短波空中線測定設備の全景
Fig. 1. View of VHF Antenna Measuring System



第3図 UHF 帯空中線測定設備
Fig. 3. View of UHF Antenna Measuring Equipments



第2図 空中線測定装置の系統図
Fig. 2. Schematic Diagram of Antenna Measuring System

記化を試みるつもりである。第三の操作の簡単化について、これも自動記録化を最終目標にしているが現状はなお集中制御という程度で一人の測定者を必要とする。

VHF 測定設備の概要を第1図に示した。この主要機能については第2図に示してある。用例その他の細部は以下の各章で述べる。

特長は低電力型で他に妨害を与えないようにしたこと、利得の測定に少々変った手法を用いて誤差の混入を少くしたこと、および電源に標準信号発生器の振幅変調出力を利用し、平流測定器の定在波電圧の検出にレベル計を利用し、S.W.R 測定の幅を拡げかつ測定値算出を容易にしたことなどであろう。

現在われわれのところでは上記の計画で設計された測定系を二系列持ち、一つは測定範囲を UHF 帯におき、300~1,000 Mc の範囲に設計し、これを基礎研究用に、今一つを VHF 帯用に 60~200 Mc の範囲を測定できるようにして一般 VHF 空中線の試験用に用いている。第3図はこの UHF 帯の設備であるが、これと第1図に示された VHF 帯用の設備と比較されて寸法的にはるかに小さくしたがって実験もすべて人の背丈の高さでできるという利便を諒解されたことと思う。このような理由か

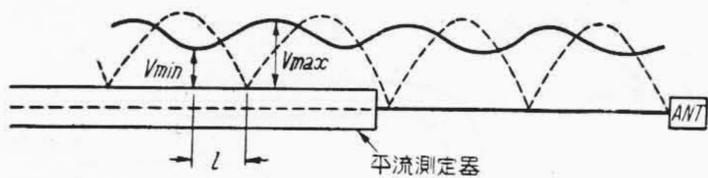
らわれわれは新しく空中線を開発研究する場合は、まず実験の容易な UHF 帯で十分試験し最適の寸法条件を求めて後、これを或る一定の手法で拡大して VHF 試験設備でチェックするという方法によっている。

そのいずれも原理的には全く同一の測定方法で、詳細は後章に述べる。要は第2図に示すように供試空中線を送信用として試験をするもので、標準信号発生器を電源として 1,000~ で振幅変調された出力を平流測定器を介して空中線に送り込み、一旦空中に輻射させた電力を受信用空中線で受信して試験する。受信出力は受信アンテナ直下で直ちに検波され、その出力を遮蔽された線路で測定室まで導きここで 1,000~ に同調された増幅機によって他の誘導電圧を切落して検波出力のみを増幅し出力をレベル計で監視するようにしている。

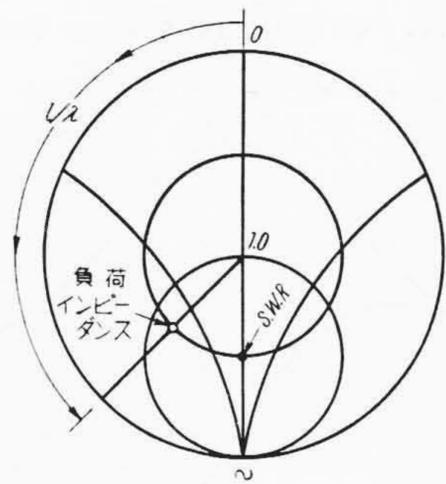
このような方法による測定法の一般は種々の文献で紹介されているが⁽¹⁾、こゝでも一応簡単に触れておこう。

空中線給電点インピーダンスの測定はいわゆる定在波法であつて線路インピーダンスが基準になる。(厳密な測定の場合は平流測定器と同軸コード部分と分けて考え同軸コードの影響がないような条件を作つて平流測定器の特性インピーダンスを基準とする。)定在波電圧の最小値の生ずる位置と定在波比が求めれば、第4図に示す手法で給電点インピーダンスは求まる。この場合定在波電圧の読取精度の問題と平衡型空中線の場合の平衡変換装置が問題であつて、また異例な場合であるが平流測定器の長さが測定周波数に比べて短かい場合(最小限度 1/2 波長は欲しい)の対策も考える必要があつた。

利得の測定も一般の方法と異なるわけではない。いわゆる基準ダイポールとの比較法であるが従来の方法では受信アンテナに設けられた検波器と平流測定器に設けられた定在波電圧測定用の検波器と 2 箇所の誤差が相乗して入ってくるので、これを避けるために検波出力を一定にするように標準信号発生器の出力を絞る、そのときの空



(注) 点線は測定端短絡時の定波電圧波形を示す。



第4図 スミス図表によるインピーダンスの計算方法

Fig.4. Impedance Calculating Method Using the Smith's Chart

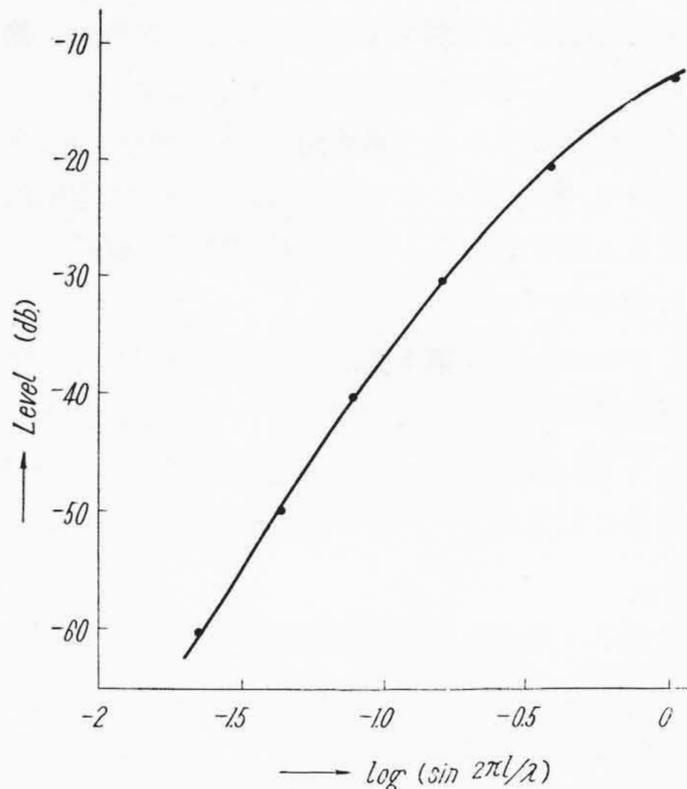
第1表 利得算出の手法
Table 1. Gain Calculating Formula

	標準半波長ダイポール	供試アンテナ
測定用受信アンテナに誘起する電圧	e_s	e_T
平流測定器内の定在波電圧	$V_{max} \cdot S$	$V_{max} \cdot T$
平流測定器内の定在波電圧	$V_{min} \cdot S$	$V_{min} \cdot T$
送入電力	$K \times [V_{max} \cdot S \times V_{min} \cdot S]$	$K \times [V_{max} \cdot T \times V_{min} \cdot T]$
利得	$G = \frac{\frac{e_T}{V_{max} \cdot T \times V_{min} \cdot T}}{\frac{e_s}{V_{max} \cdot S \times V_{min} \cdot S}}$	

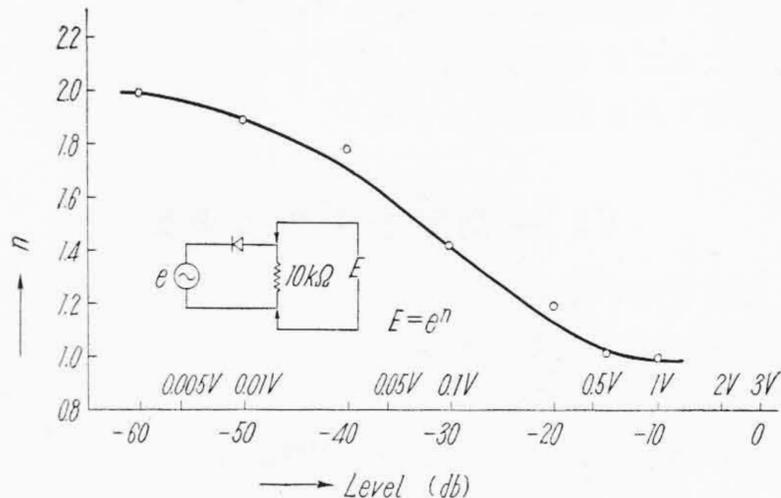
上記要領で $e_s = e_T$ として即ち一定出力を与えるために必要な送入電力の比で利得を求める。

中線への送入電力とダイポールの場合の送入電力の比を求めて第1表に示すような方式で利得を求めている。この場合の利点としてつぎのことを書添えておこう。すなわち検波特性のチェックであるが受信用アンテナに取付けられた検波器の検波特性は測定の方法もなく、また頻繁にチェックもできないが、平流測定器の検波器の方は定在波電圧変化曲線を描かせることによつて簡単にできるといふことである。

指向性の測定にも工夫を加えてあり、第1図に示すように測定室の天井を貫いて試験台の床面におよぶ旋回塔が立ててあるのがそれで、供試空中線取付架から一本の軸で直下の室内のターンテーブルと直結しており、室内から供試空中線を回転できるようになっている。



第5図 定在波形より検波特性を求める曲線
Fig.5. A Standing Wave Pattern on a Slotted Section



第6図 IN23B の検波特性の1例
Fig.6. An Example of Demodulating Characteristic of IN23B

それぞれの角度に対する輻射強度の測定法は利得の場合と同じである。垂直面内の指向特性の測定法などについて後章で述べる予定なので重複を避けるため本章での記述はこの程度に止める。

〔IV〕 定在波電圧の測定

定在波電圧測定の精度は、本測定系全体の精度を左右する。一般には鉱石検波器の検波特性を二乗検波として求めているが、厳密には入力信号の強さによつて検波特性が変わると考えた方が正しい。周波数特性についてはわれわれの測定結果ではそれ程問題にする必要のないことが確かめられている。むしろ入力信号の大きさに対する変化の方が大きい。この測定は余程精度の高い測定器でもない限り直接測ることは無理で、われわれは平流測定器

の先端を短絡した場合にえられる定在波形が円函数的になることを仮定して第 5 図のようにして求めた。第 5 図において図式に求めた正切が検波特性になる。

結果を整理してみると第 6 図（前頁参照）のようになり、大きな S.W.R の立つ負荷を測る場合は電圧最大値のところと最小値のところでは検波特性が異なることもあることがわかった。

そこでわれわれは第 5 図から直接換算表を作つて定在波電圧そのものを求めて計算を行っている。種々な方法でチェックしてみた結果、この方法で測つた値が一番信頼できることがわかったので爾来この方式によつて

いる。蛇足のようであるが、前節で利得測定法の説明をした際受信出力を一定にするといつたが、このようにすると誤差が少なくなつてたしかに考え方としては良いのだが、平流測定器を通過する電力の読取が難しくなる。普通一般に知られている方式では利得 6db 程度の空中線の測定すらできない筈である。ところが本方式によれば楽に 35db の定在波電圧差が読みとれるので、利得あるいは前後比の測定は 35db まで、S.W.R は 56 まで読めることになる。まず普通一般の VHF 空中線の測定では十分な数字であると確信している。

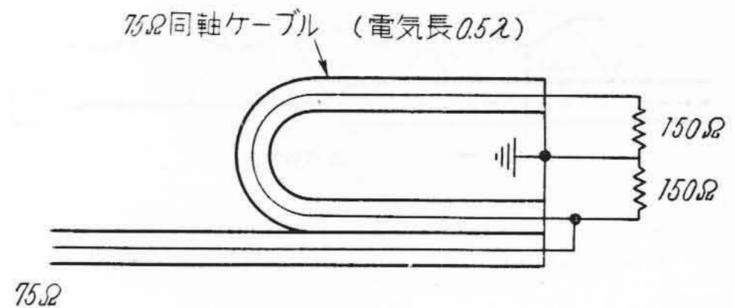
〔V〕 平衡型空中線の測定

通信用空中線は同軸型給電線で給電される場合が多くいわゆる不平衡型であるが、テレビジョン用空中線は 300Ω の平衡給電線を使用する関係からほとんどが平衡型で、給電点インピーダンスは 300Ω に作られている。

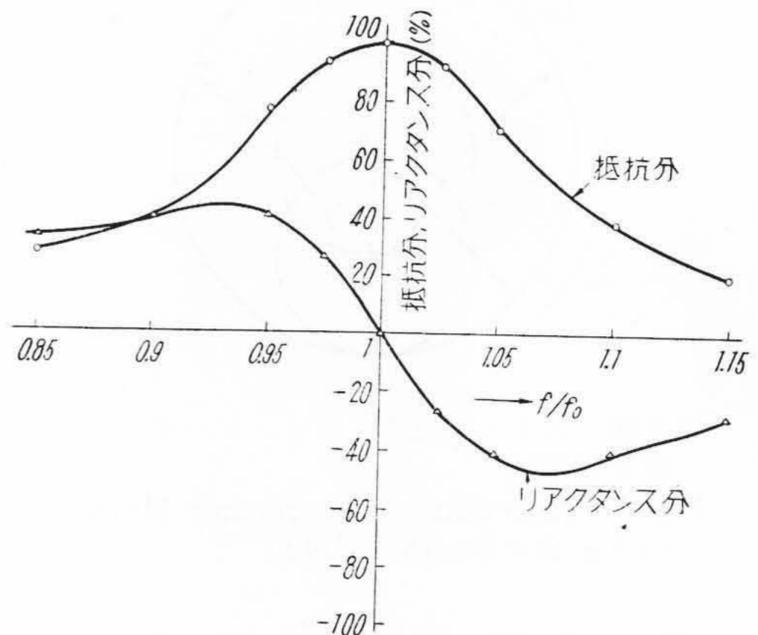
このような平衡型空中線を測定する場合には平衡した出力を空中線に加えなければならない。この目的で使用される素子を Balancing Unit 略して Balun と呼ぶ。われわれが測定に使用しているのは、半波長だけ迂路させた移相型の Balun で仮に U 型と名付けておく。その作用については専門に詳しく記載された文献がある⁽²⁾のでこゝでは本稿に必要な事項のみの記述に止めておこう。

第 7 図は U 型 Balun の構造を示すもので、このように電氣的に 1/2 波長の長さを迂路させることにより平衡変換を行うもので、そのとき平衡側から見たインピーダンスは同軸側から見たインピーダンスの四倍に変成されている。すなわち 75Ω から 300Ω への通昇を同時に行つてくれるのでそのまま使用できる利点がある。

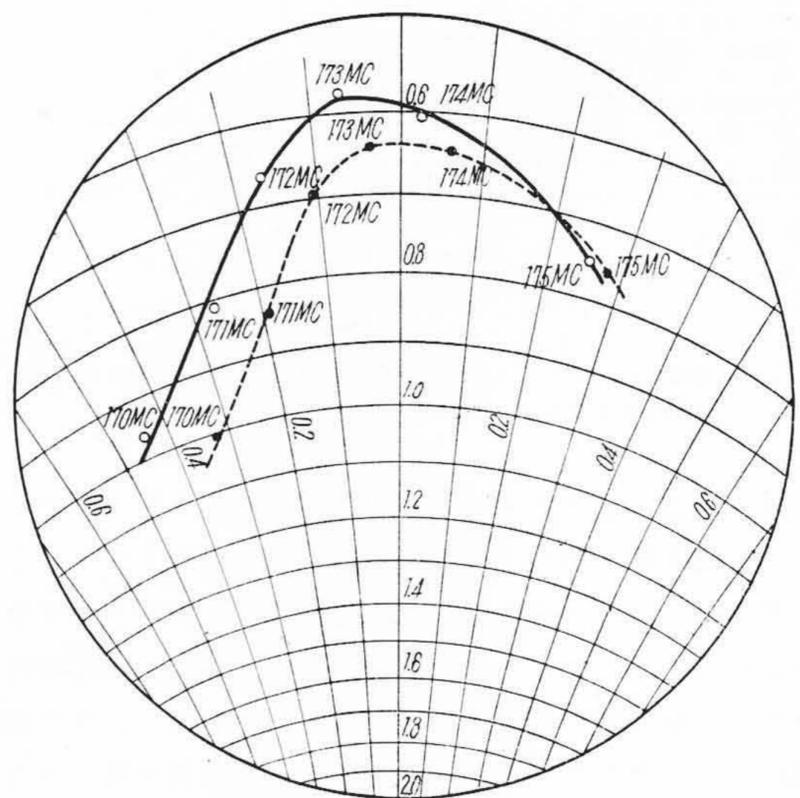
つぎに測定の場合これをどこに入れるかが問題になる。標準信号発生器の出力端子近くに設けて平衡型の平流測定器を使用し平衡型の遮蔽給電線を使用して測定する方法と、空中線端子のところに変換して以下同軸で平流測定器まで導く方法と考えられる。現在のところ可携



第 7 図 U 型 平 衡 素 子
Fig. 7. U-Type Balancing Unit



第 8 図 U 型 平 衡 素 子 の 周 波 数 特 性
Fig. 8. Frequency - Characteristic of U-Balun



第 9 図 U 型平衡素子の長さによる空中線インピーダンスの変化
Fig. 9. Variation of an Antenna Impedance by Changing the U-Balun Lengths

性のよい遮蔽型の 300Ω 平衡線路が入手困難なため、後者を使用している。

このように空中線端子のところに変換をする場合常時

平衡をとりながら測定するわけに行かないので、U型 Balun がどの程度の周波数範囲をカバーしてくれるか予め検討をしておく必要がある。測定の能率も考えてある程度の誤差を許して使用可能の範囲を $\pm 2\%$ と定めた。このとき誤差の許容値は抵抗分で -4% 、リアクタンス分で $\pm 20\%$ である。勿論厳密を要する測定の際は繁を厭わず測定周波数に合せた Balun を作って測定している。この Balun は簡単にできることも有難い。われわれの場合接地電位のところはまとめて縛着しておけば支障なく働いてくれた。

参考までに U 型 Balun の測定値に与える誤差の周波数特性の理論計算値を第 8 図に、実際に 1% 寸法の異なる U 型 Balun による測定値の相違を第 9 図に示しておいた。

[VI] 結 言

以上をもつて第一報告を終る。第一報には主として一

般的な事項と測定設備および測定法について述べた。第二報には測定上問題になった事項を採り上げて行きたいと考える。

参 考 文 献

- (1) たとえば抜山編：“超短波通信の研究”
- (2) たとえば内田・虫明：“超短波空中線”
- (3) Mac. Glaw Hill：“Very High Frequency Technique”
- (4) R.C.A LB-872：“Balance Measurement on Balun Transformer”
- (5) 齊藤・古谷：“八木空中線” 日立評論, Vol. 35 No. 5
- (6) 高木・古谷：“最近のテレビジョン受像用空中線について” 日立評論, 別冊 No. 6
- (7) 古谷：“広帯域テレビジョン受像用空中線” 日立評論, Vol. 37 No. 7

製 品 紹 介

SR₃₅ 型配電盤用小型広角度計器

Type SR₃₅ Long Scale Small Type
Switchboard Instruments

発電所の近代的な配電盤用として先に日立製作所では SR₂₅ 型 (140 角) 広角度計器が製作されたが、今回縮小型配電盤に相応した寸法を有する SR₃₅ 型 (110 角) 広角度計器が完成した。本計器は SR₂₅ 型よりさらに一段と外観および性能において進歩したものであり、電流計、電圧計、電力計などの一般指示計器のほか、最大指示指針付計器、水位および位置指示計その他各種の特殊計器を含んでいる。

特 長

(1) 長い目盛長

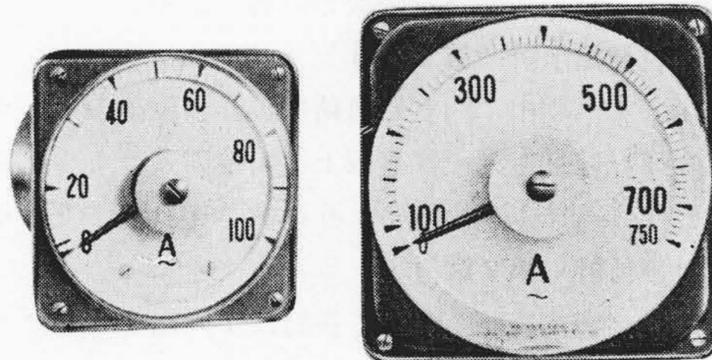
目盛長は 180mm で、S₂₄ 型計器 (140 角) の 125mm に比して約 1.5 倍あり目盛の読取りが正確迅速にできる。

(2) 目盛板が見やすいこと

計器のカバーは無色透明なアクリル樹脂製で、上下左右からの光の導入が良好で陰影を生じないので目盛板が非常に明るくみえる。また指針、目盛線および数字の形状も見やすいよう工夫されているので目盛の読取りが容易である。

(3) 視差がないこと

指針と目盛板とが同一平面上に配置されているので、測定者の位置によつて生ずる視差がない。



第 1 図 SR₃₅ 型 (左) と SR₂₅ 型 (右) 計器
Fig. 1. Type SR₃₅ (Left) and Type SR₂₅ (Right) Instruments

(4) 機構が優秀なること

使用材質、構造などに万全を期し特性の向上に特別の苦心が払われている。特に軽量堅牢な可動部、強大な駆動回転力、適度な制動は計器の信頼性と耐久度を高めている。

(5) 形態が美麗であること

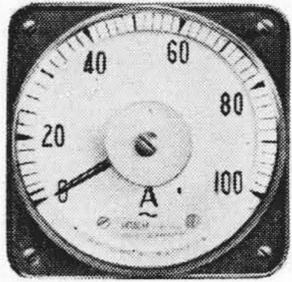
計器単独の体裁が優美なばかりでなく、配電盤に多数の計器を配置した場合に盤とよくマッチし、配電盤の美観を向上させる。

計 器 の 説 明

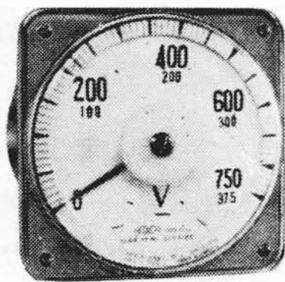
電流計、電圧計、電力計、力率計、周波計などについては SR₂₅ 型計器と同一であるので省略する。

同期検定器はその重要性にかんがみ外形寸法は SR₂₅ 型と同一にしてある。

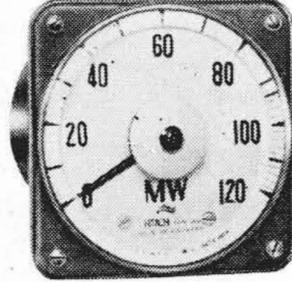
つぎに特殊計器の二、三について説明すると、



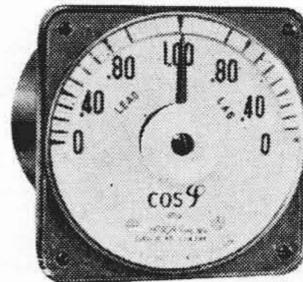
a. 交流電流計



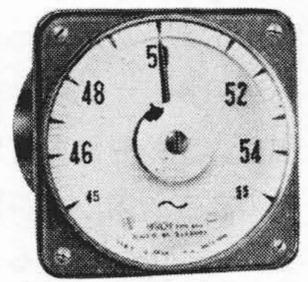
b. 直流電圧計



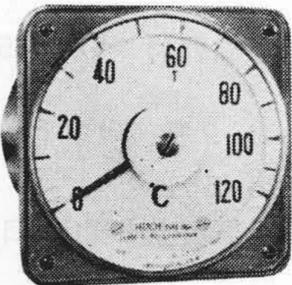
c. 三相電力計



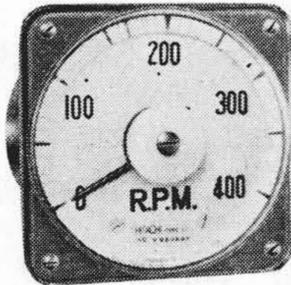
d. 三相力率計



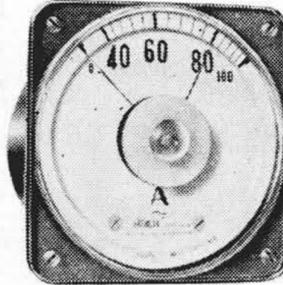
e. 周波計



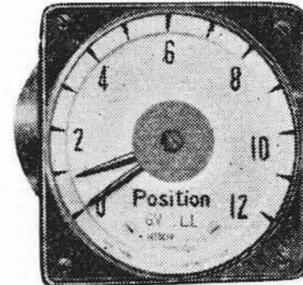
f. 温度計



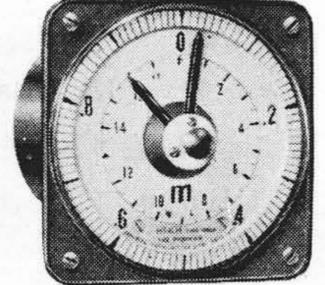
g. 回転計



h. 最大指示指針付
交流電流計



i. 位置指示計



j. 水位計

第2図 SR₃₅ 型 配電盤用小型広角度計器
Fig.2. SR₃₅ Long Scale Small Type Meters for Switchboard

最大指示指針付交流計器 (第2図 h.)

送電線故障時の零相電圧や故障電流のごとく、瞬間的に変化する量の最大値を読取る計器である。

複針位置指示計 (第2図 i.)

水車の案内羽根の開度と負荷制限器の位置のごとく、互に関連した量を同一目盛板上に二要素式セルシンにより駆動される二本の指針により指示させるものである。

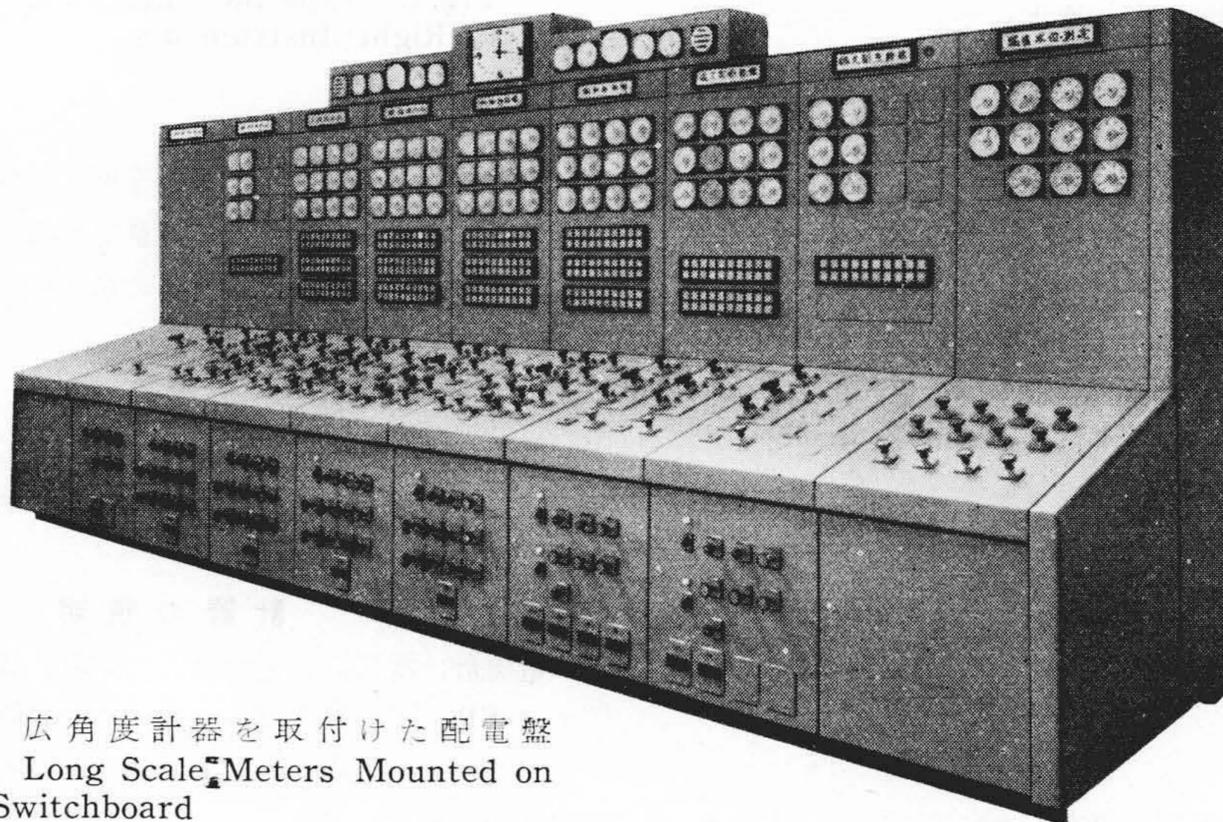
複針水位計 (第2図 j.)

水位を精密に読取るために長針は1回転 1m または 5m とし、短針はメートル単位で目盛つてある。停電時に

送受信器間に指示誤差を生じたときには、指示計中央の把手を回転して指示を合せることができる。

広角度計器はその性能の優秀なこと、外観の斬新さによつて、新しい主配電盤にはかならず広角度計器が使用されるといつてよい程広く採用されている。

時代の要求によつて種々の新型の計器が製作されるようになってきたが、SR₃₅ 型計器はその主流をなすもので今後ますます用途が広がって行くものと期待されている。



第3図 広角度計器を取付けた配電盤
Fig.3. Long Scale Meters Mounted on the Switchboard