UDC 621.311.1.004.64: 330.1

論 文

52-B 41

系統連系計画における信頼度計算について (第3報)—信頼度と経済性との協調—

正 員 村 山 康 宏 (釧路工専)

1. ま え が き

電力系統の拡充計画において、系統の信頼度と経済性との協調は最も重要な基本原理の一つである。系統の信頼度と経済性とを一つの評価関数で表現して、この評価関数についての極値探索を行えば、その結果得られる系統の信頼度が最適な値を示し、従ってそのときの拡充費が決定されることは論を待たない。しかし従来、系統の信頼度と経済性とを同時に考慮した評価関数をもとにしての拡充計画を取扱った論文はほとんどない⁽¹⁾。またこの観点から系統連系計画を取扱った論文は特になく。筆者は先に供給信頼度向上の立場から、供給信頼度の計算手法ならびに拡充計画の手法を提案し、検討を加えてみた^{(2)~(5)}。しかし文献(2)、(3)、(4)、(5)においては、信頼度を総建設費一定下においてとらえており、本来、信頼度と経済性とは相反する事象であるから、これらを一つの評価関数に組み込み、その結果その系統についての信頼度が決定されなければ真の意味での最適解は得られない。この点については従来から筆者の懸案であったが、今回大胆な仮定の上にこの評価関数を定義し、これをもとにして拡充計画を立案する手法を考案したのでここに報告する。

2. 信頼度と経済性についての評価関数の提案

〈2.1〉 評価関数の定義 いまある系統の各負荷の信頼度を R_i^K (K : 系統番号, i : K 系統 i 負荷) とすると, R_i^K についての価値関数 ϕ_i^K を考えることができる。また系統の要素(電源、線路など)の建

設費を C^K (K : 系統番号) とすると, 建設費 C^K については, これによる K 系統全体の価値関数 φ^K を考えることができる。ここで価値関数 ϕ_i^K , φ^K とによる評価関数を Φ^K と表わすことにすれば,

$$\Phi^K = \Phi^K(\phi_1^K, \phi_2^K, \dots, \phi_{NP}^K; \varphi^K) \dots\dots (1)$$

(NP : K 系統内の負荷地点の総数)

として表現される。(1)式において評価関数 Φ^K の形体が重要であるが, Φ^K が ϕ_i^K と φ^K との線形結合で表わされるものと仮定すると,

$$\Phi^K = \sum_{i=1}^{NP} a_i \phi_i^K + b^K \varphi^K \dots\dots\dots (2)$$

とおくことができる。(2)式の右辺の各項の係数は重みづけのための係数である。 $a_i^K \neq 0$ かつ $b^K = 0$ ならば信頼度のみを考慮していることになり, $a_i^K = 0$ かつ $b^K \neq 0$ ならば経済性のみを考慮していることになる。 $a_i^K \neq 0$ かつ $b^K \neq 0$ ならば信頼度と経済性とを同時に考慮していることになる。連系系統網の場合には各単独系統内において, これらの係数 a_i^K , b^K とを任意に与えることによって, 信頼度に重点をおく系統, あるいは経済性に重点をおく系統というように適宜その系統を評価することができる。

さて, 実際問題として信頼度についての価値関数 ϕ_i^K , 建設費についての価値関数 φ^K の形体が重要である。いま, K 系統 i 負荷の信頼度価値関数 ϕ_i^K を次のように仮定する。

$$\phi_i^K = \phi_i^K + \alpha_i^K \{1 - \exp(-\lambda_i^K (R_i^K - oR_i^K))\} \dots\dots\dots (3)$$

但し,

ϕ_i^K : 既設の系統に対する K 系統 i 負荷の信頼度価値関数, α_i^K : K 系統 i 負荷についての係数, R_i^K : K 系統 i 負荷についての信頼度, oR_i^K : 既設の系統 K における K 系統 i 負荷の信頼度, λ_i^K : K 系統 i 負荷

Reliability Calculation for Interconnected Power Systems(3rd).
By Yasuhiro Murayama, Member (Electrical Engineering
Course, Kushiro Technical College).
村山康宏: 正員, 釧路工業高等専門学校

についての係数

である。ここで (3) 式についての解釈であるが、同式において、 $R_i^K = {}_0R_i^K$ とすると $\phi_i^K = {}_0\phi_i^K$ となり、これは既設の系統についての価値関数を表わす。 $R_i^K = \infty$ とすると $\phi_i^K = {}_0\phi_i^K + \alpha_i^K$ となるが、実系統においては $R_i^K = \infty$ ということはありえないから、常に $\phi_i^K < {}_0\phi_i^K + \alpha_i^K$ となる。次に K 系統の建設費価値関数は、この系統内のすべての要素の関数であるから、

$$\phi^K = \phi^K(T_1^K, T_2^K, \dots, T_{NL}^K; G_1^K, G_2^K, \dots, G_{NG}^K) \dots\dots\dots (4)$$

とおくことができる。

但し、

NL : K 系統の送電線ルートの数, NG :

K 系統の電源地点の数, T_j^K : K 系統 j 線

路の建設費, G_l^K : K 系統 l 電源の建設費

とする。そこで (4) 式の価値関数を次のように仮定する。

$$\phi^K = \sum_{j=1}^{NL} \exp\{-\beta_j^K(T_j^K - {}_0T_j^K)\} + \sum_{l=1}^{NG} \exp\{-\delta_l^K(G_l^K - {}_0G_l^K)\} \dots (5)$$

但し、

${}_0T_j^K$: 既設の系統における K 系統 j 線路

の建設費, ${}_0G_l^K$: 既設の系統における K 系

統 l 電源の建設費, β_j^K : K 系統 j 線路の

係数, δ_l^K : K 系統 l 電源の係数

である。従って K 系統の評価関数 Φ^K は次のようになる。

$$\Phi^K = \sum_{i=1}^{NP} a_i^K [{}_0\phi_i^K + \alpha_i^K \{1 - \exp(-\lambda_i^K(R_i^K - {}_0R_i^K))\}] + b^K \left[\sum_{j=1}^{NL} \exp\{-\beta_j^K(T_j^K - {}_0T_j^K)\} + \sum_{l=1}^{NG} \exp\{-\delta_l^K(G_l^K - {}_0G_l^K)\} \right] \dots\dots\dots (6)$$

(6) 式は $(NP + NL + NG)$ 変数の極値探索問題とみなせる。いま K 系統内の信頼度の総和、線路建設費の総和、電源建設費の総和各々を一定とすれば、

$$\sum_{i=1}^{NP} R_i^K = A \dots\dots\dots (7)$$

$$\sum_{j=1}^{NL} T_j^K = B \dots\dots\dots (8)$$

$$\sum_{l=1}^{NG} G_l^K = C \dots\dots\dots (9)$$

となる。但し A, B, C は定数である。(7)~(9)

式の制約条件を用いるために、未定係数 $\lambda_A, \lambda_B, \lambda_C$ を用いて、

$$F^K = \Phi^K - \lambda_A(R_1^K + R_2^K + \dots + R_{NP}^K - A) + \lambda_B(T_1^K + T_2^K + \dots + T_{NL}^K - B) + \lambda_C(G_1^K + G_2^K + \dots + G_{NG}^K - C) \dots\dots\dots (10)$$

なる関数を導入する。これを $R_1^K, \dots, R_{NP}^K, T_1^K, \dots, T_{NL}^K, G_1^K, \dots, G_{NG}^K, \lambda_A, \lambda_B, \lambda_C$ の関数とみなし、制約条件を持たない関数 F^K の極値を求めればよい。

従って、

$$\partial F^K / \partial R_i = a_i^K \alpha_i^K \lambda_i^K \exp\{-\lambda_i^K(R_i^K - {}_0R_i^K)\} - \lambda_A \dots\dots\dots (11)$$

$$(i=1 \sim NP)$$

$$\partial F^K / \partial T_j^K = -b^K \beta_j^K \exp\{-\beta_j^K(T_j^K - {}_0T_j^K)\} + \lambda_B \dots\dots\dots (12)$$

$$(j=1 \sim NL)$$

$$\partial F^K / \partial G_l = -b^K \delta_l^K \exp\{-\delta_l^K(G_l^K - {}_0G_l^K)\} + \lambda_C \dots\dots\dots (13)$$

$$(l=1 \sim NG)$$

$$\partial F^K / \partial \lambda_A = R_1^K + \dots + R_{NP}^K - A \dots\dots (14)$$

$$\partial F^K / \partial \lambda_B = T_1^K + \dots + T_{NL}^K - B \dots\dots (15)$$

$$\partial F^K / \partial \lambda_C = G_1^K + \dots + G_{NG}^K - C \dots\dots (16)$$

が成立し、極値条件から (11)~(16) 式は零でなければならぬので、 R_i^K, T_j^K, G_l^K はそれぞれ次式で表現される。

$$R_i^K = {}_0R_i^K - (1/\lambda_i^K) \log(\lambda_A/a_i^K \alpha_i^K \lambda_i^K) \dots\dots\dots (17)$$

但し、

$$\lambda_A = e^{\phi_A} \dots\dots\dots (18)$$

$$\phi_A = \left\{ \sum_{i=1}^{NP} ({}_0R_i^K + (1/\lambda_i^K) \log a_i^K \alpha_i^K \lambda_i^K) - A \right\} / \sum_{i=1}^{NP} (1/\lambda_i^K) \dots\dots\dots (19)$$

$$T_j^K = {}_0T_j^K - (1/\beta_j^K) \log(\lambda_B/(b^K \beta_j^K)) \dots (20)$$

$$G_l^K = {}_0G_l^K - (1/\delta_l^K) \log(e^{\phi_C}/(b^K \delta_l^K)) \dots (21)$$

$$\phi_C = \left\{ \sum_{l=1}^{NG} ({}_0G_l^K + (1/\delta_l^K) \log b^K \delta_l^K) - C \right\} / \left\{ \sum_{l=1}^{NG} (1/\delta_l^K) \right\} \dots\dots\dots (22)$$

<2.2> 評価関数の系統への定式化

(1) 単独系統の場合 (2)式において、右辺の各係数は重みづけのための係数である。 K 系統につい

て、 $a_1^K = a_2^K = \dots = a_{NP}^K \approx 0$ とすれば各負荷の信頼度を同一の重みで評価していることになる。これに対して、 $a_1^K \approx a_2^K \approx \dots \approx a_{NP}^K \approx 0$ ならば、各負荷の信頼度をそれぞれ異なる重みで評価していることになる。(3)式の λ_i^K は K 系統に属している負荷でも、負荷地点によって価値関数に変化を与えるための係数である。

(2) 連系系統の場合 (2)式において定義された K 系統の評価関数 ϕ^K に関して、

$$\sum_{K=1}^{KMAX} \xi^K \phi^K \rightarrow \max \quad \dots\dots\dots (23)$$

(23) 式で ξ^K ($K=1 \sim KMAX$) を同一値にとれば各単独系統を同一の重みで評価していることになり、 ξ^K をそれぞれ異なる値にとれば、各単独系統をそれぞれ異なる重みで評価していることになる。

3. 与えられた信頼度を満足する系統構成の決定方法

(3.1) 概要 前章において信頼度と経済性とを考慮した評価関数についての極値探索を実行することにより、その系統についての最適な信頼度を決定することができる。そこで、この信頼度（もちろん一般には各負荷地点により異なる値をとるが）を満足するような系統構成を決定する必要がある。筆者はこれまで系統構成が与えられた場合の系統の信頼度計算方法を提案し検討を加えてきたが、本文本章は信頼度計算の逆問題（信頼度合成問題）とみなすことができる。あたかも回路網解析と回路網合成とに対応する。

さて、信頼度合成問題は非常に複雑多岐にわたるが、本文では系統網の接続状態（線路状態、電源接続）をあらかじめ設定して、この接続要素の容量を求めることによって、与えられた信頼度を満たすような系統構成を決定しようとするものである。詳細については次節以降で論ずることとするが、まず線路は最短木接続を採用するものとして、各ブランチ（線路容量）容量を任意に与えることによって、信頼度合成を実行すること、それに対して、一つのループとそのループに接続する木結合としてのネットワークのブランチ容量を計算することにより信頼度合成を実行することについて考察する。

(3.2) 単独系統網の信頼度合成問題 第1図の系統で代表させて考える。同図の系統において、負荷地点2個、電源地点2個、線路3ルートである。線路 t_1 , t_2 , t_3 の各容量 X_1 , X_2 , X_3 を任意に与えることによって負荷 l_1 , l_2 の信頼度を所要の値にできないかどうかを検討する。第1図の系統において、最短木接

第1図 モデル系統

Fig. 1. Model system.

続を採用する。信頼度の計算にあたって、一要素事故の場合を考えることにする。ここで

r_1 : 負荷 l_1 の信頼度, r_2 : 負荷 l_2 の信頼度

とすると、

$$r_1 = f_1(X_1, X_2, X_3) \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$r_2 = f_2(X_1, X_2, X_3) \quad \dots\dots\dots (25)$$

と表現することができる。但し f_1 , f_2 は共に X_1 , X_2 , X_3 との関数である。ブランチ容量変化分については次式が成立する。

$$\Delta r_1 = \frac{\partial f_1}{\partial X_1} \Delta X_1 + \frac{\partial f_1}{\partial X_2} \Delta X_2 + \frac{\partial f_1}{\partial X_3} \Delta X_3 \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$\Delta r_2 = \frac{\partial f_2}{\partial X_1} \Delta X_1 + \frac{\partial f_2}{\partial X_2} \Delta X_2 + \frac{\partial f_2}{\partial X_3} \Delta X_3 \quad \dots\dots\dots (27)$$

但し二次以上の項を無視する。いま、電源容量を一定とすれば、線路容量は都合3個である。次にブランチ容量がある指定値 oX_1 , oX_2 , oX_3 のときの各負荷の信頼度を or_1 , or_2 とすると、(24), (25)式とから

$$or_1 = f_1(oX_1, oX_2, oX_3) \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$or_2 = f_2(oX_1, oX_2, oX_3) \quad \dots\dots\dots (29)$$

と表現される。これはブランチ容量が与えられるから信頼度 or_1 , or_2 は計算可能である。いま、 $or_1 + \Delta r_1 \rightarrow or_1'$, $or_2 + \Delta r_2 \rightarrow or_2'$ なるブランチ容量 X_1' , X_2' , X_3' を求める場合に、 oX_1 , oX_2 , oX_3 に対する信頼度微分係数 $\partial f_1 / \partial X_1$, $\partial f_1 / \partial X_2$ などを計算しておく。ブランチ容量の微小変化に対して、これらの信頼度微分係数が一定であると仮定すれば、信頼度 or_1' , or_2' を満足するブランチ容量 X_1' , X_2' , X_3' を求めるには次式の連立方程式を解けばよい。すなわち

$$\frac{\partial f_1}{\partial X_1} X_1' + \frac{\partial f_1}{\partial X_2} X_2' + \frac{\partial f_1}{\partial X_3} X_3' = or_1' \quad \dots\dots (30)$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial X_1} X_1' + \frac{\partial f_2}{\partial X_2} X_2' + \frac{\partial f_2}{\partial X_3} X_3' = or_2' \quad \dots\dots (31)$$

(30), (31) 式は未知数が3個で方程式が2本であるから、未知数3個のうちいずれか1個の値を指定しな

(1) ポインタが1個の場合 第3図の系統は対象とする単独系統が1個の場合である。ポインタの概念は既法⁽⁵⁾に述べられている。同図の系統の No.1 の信頼度変化分は次式のように表現される。

$$\Delta r_{1,j} = \sum_{i=1}^T \frac{\partial f_{1,j}}{\partial X_{1,i}} \Delta X_{1,i} + \frac{\partial f_{1,j}}{\partial Y_1} \Delta Y_1 + \frac{\partial f_{1,j}}{\partial Y_2} \Delta Y_2 \quad (j=1 \sim L_K) \quad (36)$$

(36) 式は No.1 内の線路容量と、No.1 に接続している連系線 Y_1 , Y_2 の容量とを変化させることによって、No.1 内の負荷の信頼度を所要の値にしようとするものである。No.2 と No.4 とはレベル1のカットセットに属しているが⁽⁵⁾、No.2 内の線路容量と No.4 内の線路容量とを考慮することもできる。しかし計算の簡略化を図るために (36) 式を用いる。同式は電源容量については考慮されていないが、これも考慮する場合には (36) 式の代わりに次式を用いればよい。

$$\begin{aligned} \Delta r_{1,j} = & \sum_{i=1}^T \frac{\partial f_{1,j}}{\partial X_{1,i}} \Delta X_{1,i} + \frac{\partial f_{1,j}}{\partial Y_1} \Delta Y_1 \\ & + \frac{\partial f_{1,j}}{\partial Y_2} \Delta Y_2 + \sum_{n=1}^U \frac{\partial f_{1,j}}{\partial G_{1,n}} \Delta G_{1,n} \\ & + \sum_{n=1}^{U_2} \frac{\partial f_{1,j}}{\partial G_{2,n}} \Delta G_{2,n} + \sum_{n=1}^{U_4} \frac{\partial f_{1,j}}{\partial G_{4,n}} \Delta G_{4,n} \quad (37) \end{aligned}$$

(37) 式において、その右辺の第1項は No.1 内の線路容量による項であり、第2項と第3項とはそれぞれ連系線 Y_1 と Y_2 とによる項であり、第4項は No.1 内の電源容量による項である。更に第5項と第6項とはそれぞれ No.2, No.4 内の線路容量による項である。同図におけるノードフロー ζ_1 , ζ_2 , ζ_3 は多重カットセット処理法⁽⁵⁾により求めることができる。

(2) ポインタが2個の場合 第3図の系統において、ポインタを No.1 と No.4 の2個とする。この場合第4図 (a) のように、レベル0の系統は No.1 と No.4、レベル1の系統は No.2, No.5, No.6 とである。このときのカットセットは Y_1 , Y_3 , Y_4 である。従って、No.1 と No.4 との信頼度変化分は次式で表現される。

$$\begin{aligned} \Delta r_{1,j} = & \sum_{i=1}^T \frac{\partial f_{1,j}}{\partial X_{1,i}} \Delta X_{1,i} + \sum_{i=1}^T \frac{\partial f_{1,j}}{\partial X_{4,i}} \Delta X_{4,i} \\ & + \sum_{m=1}^4 \frac{\partial f_{1,j}}{\partial Y_m} \Delta Y_m + \sum_{m=1}^U \frac{\partial f_{1,j}}{\partial G_{1,m}} \Delta G_{1,m} \\ & + \sum_{n=1}^{U_2} \frac{\partial f_{1,j}}{\partial G_{2,n}} \Delta G_{2,n} + \sum_{n=1}^U \frac{\partial f_{1,j}}{\partial G_{4,n}} \Delta G_{4,n} \\ & + \sum_{n=1}^{U_5} \frac{\partial f_{1,j}}{\partial G_{5,n}} \Delta G_{5,n} + \sum_{n=1}^{U_6} \frac{\partial f_{1,j}}{\partial G_{6,n}} \Delta G_{6,n} \quad (38) \end{aligned}$$

第4図 ポインタ2個の連系系統網

Fig. 4. Interconnected network which is composed of two pointers.

第5図 レベル0の系統

Fig. 5. Zero level subsystem.

前項と同様の考察により、(38)式でレベル1の系統の電源容量までを考慮している。第3図 (b) はポインタを No.1 と No.6 とに設定した系統である。このときのカットセットは Y_1 , Y_2 , Y_4 , Y_{10} である。同図 (a) ではレベル0内で No.1 と No.2 とは連系線 Y_1 で連結されているが、同図 (b) ではレベル0内では、No.1 と No.6 とは非連結であるから、No.1 の信頼度については、No.6 内の線路容量と電源容量との影響を及ぼさないものとみなす。No.6 についても同様である。以上の手順によりポインタが2個の場合の信頼度合成問題を取扱うことができる。

(3) ポインタが多数個の場合 第5図の系統はポインタが7個であり、その各系統が小グループを形成している。No.1, 2, 3 は連系線 Y_1 , Y_2 , Y_3 により小グループ A_1 をなしている。No.4 と5とは連系線 Y_4 により小グループ A_3 を作っている。同図の信頼度合成問題も (2) 項と全く同様にして解くことができる。

第 6 図 連系系統網
Fig. 6. Interconnected network.

4. モデル系統に関する計算例および検討

第 6 図の連系系統網について考察する。連系線の接続については本連系多点連系系統により信頼度合成を行なうものとする。

同図において、No.1 の数字 1, 2, ... は負荷地点を示し、アルファベットは電源地点を、 $x_1, x_2, \dots$ は線路を示すものとする。以下 No.7 までこれに準ずる。また $t_1, t_2, \dots$ は連系線を表わすものとする。第 1 表は負荷を、第 2 表は電源を表わす。

第 3 表は評価関数を連系系統網の中で評価するための係数で、各単独系統を同様に扱うためにすべて 1.0 と設定している。もちろん各単独系統についてこの係数を変えることができる。第 4 表は既設の系統要素についての信頼度計算値であり、この計算手法は既説⁽⁵⁾の方法を用いている。第 5 表は各単独系統各負荷についての係数である。簡単のため各負荷の重みを同等に扱うものとする。第 1 表から第 5 表までの入力データをもとにして評価関数 (23) 式の極値探索を実行することにより最適信頼度は第 6 表のようになる。第 6 表の最適信頼度を満たす系統構成を求めると第 7 表のようになる。但し第 7 表は電源容量を変えないで実行し

第 1 表 負 荷
Table 1. Loads.

<div><div></div><div>*</div></div>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
No. 1, 1	40	35	45	52	55	73	95	97	82	77	57	47
2	45	37	44	52	59	76	96	92	88	79	52	44
3	91	84	85	92	111	125	139	128	125	109	89	88
4	72	78	75	85	89	95	81	79	80	76	71	64
No. 2, 1	52	73	95	114	126	125	117	119	114	103	92	80
2	29	36	51	78	89	90	80	72	53	42	36	31
3	58	74	93	110	126	121	115	117	110	71	90	83
4	63	59	60	65	70	74	75	67	61	60	60	62
No. 3, 1	79	75	74	90	97	96	108	109	101	105	96	69
2	47	46	50	77	81	72	64	71	95	86	73	60
3	30	52	66	69	75	90	95	91	91	84	82	78
No. 4, 1	54	52	65	70	80	108	119	126	120	105	90	59
2	82	80	95	111	108	112	105	104	93	86	82	80
3	73	85	88	92	103	113	125	129	123	116	111	106
4	66	72	78	86	95	104	106	114	114	102	98	95
No. 5, 1	50	42	45	77	109	121	122	115	99	69	57	49
2	38	24	28	55	75	87	96	85	75	51	35	35
3	65	64	73	101	106	115	110	112	95	85	72	60
4	86	91	100	111	119	125	131	132	130	127	120	115
No. 6, 1	41	51	65	73	81	87	89	89	88	84	77	61
2	35	42	51	58	63	67	68	69	69	65	60	53
3	28	26	29	36	46	56	63	65	60	52	45	41
4	62	59	62	74	106	125	134	145	136	112	92	63
No. 7, 1	70	71	81	91	95	112	126	125	140	134	125	80
2	27	39	80	87	111	110	92	71	56	43	41	32
3	63	58	68	77	111	123	123	115	100	85	79	66
4	31	26	37	50	73	79	91	81	80	61	58	32

* 時間帯

第 2 表 電 源

Table 2. Sources.

	容量(MW)	ユニット数		容量(MW)	ユニット数
No. 1, A	163.1	2	No. 4, C	116.7	2
B	"	3	D	70.3	"
C	"	2	No. 5, A	"	"
D	116.7	3	B	163.1	3
E	70.3	2	C	"	2
No. 2, A	163.1	3	No. 6, A	116.7	3
B	"	"	B	"	2
C	"	1	C	"	"
D	116.7	3	D	"	3
No. 3, A	"	2	E	163.1	2
B	163.1	3	No. 7, A	"	1
C	"	2	B	"	3
D	116.7	3	C	116.7	1
No. 4, A	163.1	"	D	"	2
B	"	"			

第 3 表 各単独系統の評価係数

Table 3. Assessment coefficient of each subnetworks.

*	1	2	3	4	5	6	7
ξ_K	1.0	"	"	"	"	"	"

* 単独系統の番号

第 4 表 既設系統の信頼度

Table 4. Reliability of initial state networks.

負 荷	信頼度	負 荷	信頼度	負 荷	信頼度
No. 1, 1	0.0653	No. 3, 2	0.0634	No. 5, 4	0.0528
2	0.0663	3	0.0603	No. 6, 1	0.0667
3	0.0635	No. 4, 1	0.0662	2	0.0644
4	0.0663	2	0.0608	3	0.0622
No. 2, 1	0.0598	3	0.0607	4	0.0624
2	0.0502	4	0.0598	No. 7, 1	0.0531
3	0.0564	No. 5, 1	0.0584	2	0.0543
4	0.0585	2	0.0578	3	0.0639
No. 3, 1	0.0658	3	0.0517	4	0.0670

* マージン 5%

た値である。このモデル系統の場合は線路容量を変えるだけで最適信頼度合成が可能である。

以上の計算結果より次の点を指適することができる。第 6 表の最適信頼度から各単独系統の信頼度の増分はおおむね等しい値を示している。第 7 表から系統構成要素の容量の値は、初期状態のそれとあまり変化はない。最適信頼度を得るためには単独系統の線路で都合 73 ルート、連系線 8 ルート、総計 81 ルートの線路容量を変えなければならない。第 7 表の線路容量を入力データとして信頼度を計算してみると、第 6 表の最適信頼度とはほとんど同一の値を示すことが確認された。

第 5 表 各負荷の係数 α_i , γ_i .Table 5. Coefficient α_i and γ_i of each load.

	α_i	γ_i		α_i	γ_i		α_i	γ_i
No. 1, 1	0.991	0.999	No. 3, 2	0.998	0.993	No. 5, 4	0.998	0.996
2	0.994	0.997	3	0.997	0.993	No. 6, 1	0.996	0.996
3	0.993	0.994	No. 4, 1	0.998	0.998	2	0.995	0.993
4	0.996	0.993	2	0.994	0.992	3	0.992	0.995
No. 2, 1	0.995	0.992	3	0.992	0.992	4	0.989	0.994
2	0.995	0.994	4	0.996	0.995	No. 7, 1	0.992	0.993
3	0.992	0.998	No. 5, 1	0.997	0.991	2	0.990	0.999
4	0.994	0.996	2	0.998	0.998	3	0.998	0.994
No. 3, 1	0.990	0.989	3	0.997	0.997	4	0.993	0.991

第 6 表 最適信頼度

Table 6. Optimum reliability.

	信頼度		信頼度		信頼度
No. 1, 1	0.0603	No. 3, 2	0.0583	No. 5, 4	0.0479
2	0.0613	3	0.0552	No. 6, 1	0.0615
3	0.0584	No. 4, 1	0.0613	2	0.0592
4	0.0612	2	0.0557	3	0.0571
No. 2, 1	0.0547	3	0.0556	4	0.0572
2	0.0451	4	0.0539	No. 7, 1	0.0480
3	0.0509	No. 5, 1	0.0533	2	0.0492
4	0.0534	2	0.0529	3	0.0633
No. 3, 1	0.0610	3	0.0466	4	0.0621

* マージン 5%

第 7 表 最適線路構成

Table 7. Optimum line constitution.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
No. 1	204	150	204	204	150	100	204	204	150	250	100	*
	$\times 2$	$\times 2$	$\times 1$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 1$	$\times 2$	$\times 1$	$\times 2$	*
2	150	150	204	150	204	204	100	150	150	204	100	*
	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 1$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	*
3	204	250	150	150	100	100	204	204	204	204	*	*
	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 1$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	*	*	*
4	250	204	204	150	150	204	204	150	250	204	204	204
	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 1$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$
5	204	204	150	100	100	204	204	250	204	*	*	*
	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	*	*	*
6	204	150	204	204	100	100	204	204	204	100	100	*
	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	*
7	100	150	204	204	250	100	204	150	204	100	*	*
	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 2$	$\times 1$	$\times 1$	$\times 2$	*	*

次に、第 7 図で No.1 と No.2 とを考察の対象として最適解を求める。容量を変化させる線路は No.1 と No.2 とのそれとし、連系線については t_1, t_2, t_3, t_4 をその対象とする。

第 8 表は No.1 内と No.2 内との線路、連系線 $t_1 \sim t_4$ の最適線路容量を示す。この場合 No.1 と No.2 との 2 系統のみを対象としているので、全系統を考慮した最適信頼度の値とは異なる。

次に No.1, No.2 において電源容量による影響に

第 7 図 連系系統網

Fig. 7. Interconnected network.

第 8 表 系統 No. 1 と No. 2 とを対象とした
最適線路構成Table 8. Optimum line constitution for
subsystem No. 1 and No. 2.

線路	No. 1	No. 2	連系線	線路	No. 1	No. 2	連系線
1	204×2	204×2	250×2(t_1)	7	250×1	250×2	*
2	204×1	150×2	204×2(t_2)	8	204×2	204×2	*
3	204×2	204×2	204×2(t_3)	9	204×2	204×2	*
4	100×2	150×2	250×2(t_4)	10	204×2	100×2	*
5	150×2	150×2	*	11	100×2	204×2	*
6	250×1	204×1	*				

ついて述べる。No. 1 と No. 2 の両者以外の系統については、レベル 1⁽⁵⁾に属する系統の電源容量の影響のみを対象とする。計算の結果 No. 1 と No. 2 とを比較してみると、それらの電源容量についてはおおむね同容量の電源を設置すればよいことが判明した。レベル 1 の系統（この場合 No. 3 と No. 7）の電源容量についてはポイント内の系統（No. 1 と No. 2）の電源容

量よりも小さな値となる。更にレベル 2、レベル 3 に属する電源容量の影響を調べてみると、レベル 1 のそれよりは相当少ないことが判明した。この場合は No. 1 と No. 2 とをポイントとした場合であるが、他の 2 系統の組合せをポイントとした場合でも同様の傾向が認められる。ポイント系統内の線路容量を不変として連系線と電源とを変化させても最適信頼度を得ることができるが、これについてはここでは省略する。なお、本文において連系系統網の信頼度計算方法については文献 (5) の手法を用いており、単独系統の信頼度計算については別報⁽⁶⁾の手法を用いている。

5. むすび

以上で系統の評価関数から最適信頼度を求める方法と、その信頼度を満たす系統構成を求める方法について述べた。本文は系統の初期状態を与えて、それをもとに最適信頼度とその系統構成を求めるもので今後の課題として負荷の推移、設備の休廃止、運転費なども考慮しての拡充計画を立案しなければならないが、これらに関して現在研究を進めている。終りにいろいろ御指導いただいた北海道大学工学部長 小池東一郎氏、同学助教授 宮本衛市氏に厚く感謝申し上げます。なお、本研究には北海道大学大型計算機センター FACOM 230/75 を使用したことを明記し謝意を表する。

(昭和 51 年 5 月 10 日受付)

文 献

- (1) 辻：昭 48 電気学会全大 No. 965
- (2) 村山：電学誌 91, 4, 674 (昭 46-4)
- (3) 村山：電学論 92-B, 4, 250 (昭 47-4)
- (4) 村山： " 93-B, 11, 527 (昭 48-11)
- (5) 村山： " 95-B, 1, 40 (昭 50-1)
- (6) 村山： " 投稿中