

1. 最適潮流計算・電圧安定性解析データ集

1.1 概要

最適潮流計算と電圧安定性解析に必要なデータを WG メンバー各社の実際の値を収集しまとめたものである。ただし、収集データにはばらつきの大きいものや地域や時間帯により変化する項目もあるため本データ集では 1 例を示したものとなっている。

1.2 発電機関係

(1) 燃料費

発電機出力の関数で示す。

$$F_c = a + bP + cP^2 \quad (F_c : \text{千円}, P : \text{MW})$$

係数を以下の表に示す。

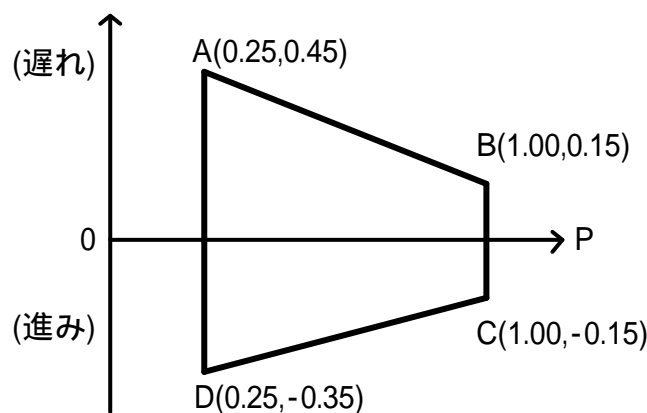
種別	定格出力(MW)	a	b	c
石油火力	250 クラス	316	4.6	0.00105
	500 クラス	200	5.0	0.00005
	700 クラス	260	5.0	0.00038
LNG 火力	200 クラス	66	2.2	0.00250
	700 クラス	117	2.4	0.00040
石炭火力	200 クラス	40	2.0	0.00020
	700 クラス	182	1.3	0.00016
	1000 クラス	550	0.4	0.00070
コンバインド	100 クラス	104	0.9	0.00073
	250 クラス	120	1.4	0.00166

(注 1) 燃料費は為替レート等の影響で算定期間により変動する。

(注 2) 原子力については、実質定格出力一定運転しているため、また、水力については現実の経済負荷配分においても直接は考慮していないため、除外した。

(2) 有効・無効出力上下限

可能出力曲線の A, B, C, D 点の座標にて示す。座標の表示は発電機定格出力ベースの pu 値とした。



(注) 例として石油火力、定格出力700MWクラスの値を示す。

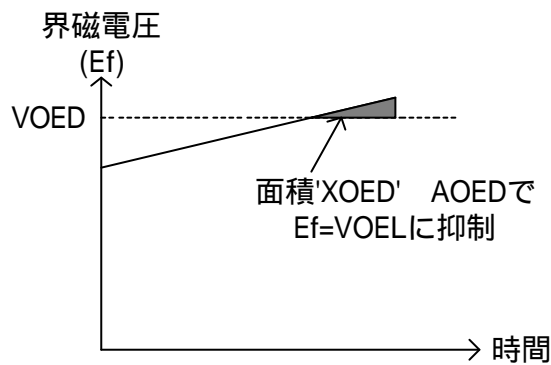
種別	定格出力 (MW)	A	B	C	D
石油火力	250 クラス	0.20, 0.50	1.00, 0.50	1.00, -0.10	0.20, -0.15
	500 クラス	0.20, 0.50	1.00, 0.50	1.00, -0.05	0.20, -0.20
	700 クラス	0.25, 0.45	1.00, 0.15	1.00, -0.15	0.25, -0.35
LNG 火力	200 クラス	0.40, 0.65	1.00, 0.65	1.00, 0.00	0.40, 0.00
	700 クラス	0.20, 0.70	1.00, 0.39	1.00, 0.08	0.20, -0.37
石炭火力	200 クラス	0.20, 0.65	1.00, 0.65	1.00, 0.00	0.20, -0.15
	700 クラス	0.15, 0.50	1.00, 0.50	1.00, 0.15	0.15, -0.20
	1000 クラス	0.30, 0.50	1.00, 0.50	1.00, -0.10	0.30, -0.30
コンバインド	100 クラス	0.30, 0.50	1.00, 0.50	1.00, -0.25	0.30, -0.35
	250 クラス	0.25, 0.50	1.00, 0.50	1.00, -0.30	0.25, -0.30
一般水力	100 クラス	0.35, 0.30	1.00, 0.30	1.00, -0.30	0.35, -0.30
揚水	250 クラス	0.25, 0.25	1.00, 0.25	1.00, -0.05	0.25, -0.25
原子力	1000 クラス		1.00, 0.45	1.00, -0.10	

(注1)有効出力の下限は実運用上の最低出力とした。

(注2)原子力については実質定格出力一定運転のため、B, C点のみとした。

(3)過励磁制限(OEL)

$XOED = \int (E_f - VOED) dt$ AOEDが成立したときに $E_f = VOEL$ に抑制する。



VOED, AOED および VOEL を表に示す。

OED 検出電圧 [VOED] (pu)	OEL 動作積分整定 [AOED] (pu・秒)	OEL 制限電圧 [VOEL] (pu)
1.05	3.0	0.98
1.06	10.0	1.00

(注)表中の電圧の基準(1pu)は、定格出力時の界磁電圧値である。

(4)有効出力変化率上限値

発電機定格出力に対する比率で表す。

種別	出力(% / 分)
火力	2 ~ 8
水力	20 ~ 50
揚水	20 ~ 30

(5) 昇圧変圧器タップデータ

1次/2次 定格電圧(kV)	平均変化(pu)	上限(pu)	下限(pu)	タップ数
19.5/525	0.005	1.100	1.000	21
19.5/525	0.025	1.100	1.025	4
24.0/500	0.00625	1.080	0.980	17
22.5/500	0.02	1.050	0.950	5
19.0/275	0.005625	1.045	0.955	17
17.55/275	(注1) 0.0227	1.0681	0.9773	4
22.0/220	0.0225	1.090	1.000	5

(注1) 上限値と上から2番目のタップの変化幅は0.0454pu, 他のタップ間の変化幅は0.0227pu。

(注2) 各数値はタップ電圧のpu値(=タップ電圧/2次公称電圧)を示している。

(注3) 1次側定格電圧(=発電機端子電圧)は発電機により異なる。

1.3 変圧器(変電所用)

(1) 3巻変圧器

・正相リアクタンス(1000MVA ベース pu 値)

定格電圧(kV) 定格容量(MVA)	1次側正相リアクタンス	2次側正相リアクタンス	3次側正相リアクタンス
500/275/70 1000/1000/300	0.178	-0.022	0.410
500/190/63 750/750/200	0.245	-0.036	0.383
275/154/33 450/450/135	0.524	-0.045	0.672

・タップデータ(タップ電圧)

1次/2次 定格電圧(kV)	平均変化幅(pu)	上限(pu)	下限(pu)	タップ数
500/275	0.0045	1.0495	0.9505	23
500/190	0.0070	1.0490	0.9510	15
275/154	0.0105	1.0420	0.8740	17

(注) 各数値はタップ電圧のpu値(=タップ電圧/1次公称電圧)を示している。

(2) 単巻変圧器

・正相リアクタンス(1000MVA ベース pu 値)

定格電圧(kV) 定格容量(MVA)	1次側正相リアクタンス	2次側正相リアクタンス	3次側正相リアクタンス
500/275/63 1500/1500/450	0.105	-0.012	0.265
500/275/73.5 1000/1000/300	0.186	-0.046	0.613
500/220/63 1000/1000/300	0.196	-0.032	0.289

・タップデータ(タップ電圧)

1次/2次(3次) 定格電圧(kV)	平均変化幅(pu)	上限(pu)	下限(pu)	タップ数	備考
525/275(63)	0.00525	1.10775	0.99225	23	
500/275(63)	0.0050	1.0550	0.9450	23	
500/275(73.5)	0.0045	1.0495	0.9505	23	
500/220	0.0045	1.0495	0.9505	23	

(注1)各数値はタップ電圧の pu 値(=タップ電圧 / 1次公称電圧)を示している。

(注2)1次タップ電圧に対応する3次側タップ電圧(Vt)は次式で求められる。

(単位は全て kV)

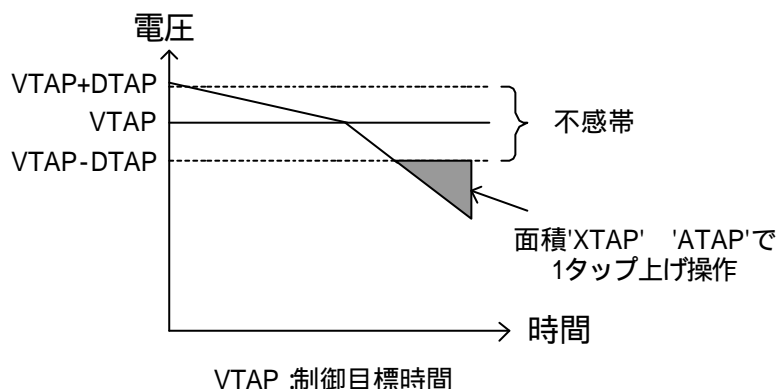
$$V_t = \frac{1 \text{ 次タップ電圧} - 2 \text{ 次定格電圧}}{1 \text{ 次定格電圧} - 2 \text{ 次定格電圧}} \times 3 \text{ 次定格電圧}$$

[参考文献] 平野、江川他「潮流計算における単巻変圧器のLRTの模擬方法とその影響について」電気学会電力技術研究会, PE-89-112(平成元年)

上式は中間タップ電圧が定格電圧にならない変圧器もあることを考慮して、参考文献中の式より一般性のある表現に変更している。

(3)タップ制御データ

制御モード	検出不感帯 [DTAP](pu)	タップ動作指令条件 [ATAP](puV・秒)	タップ動作遅れ時間 (秒)
積分制御	0.01	0.5	6
	0.01	1.2	10



(4)移相変圧器

1タップ当たりの移相幅(度)	上限(度)	下限(度)
0.9	15.0	0.0

1.4 母線

(1)母線電圧上下限值

[基本的考え方]

- ・連系線の電圧・無効電力の適正維持
- ・送電損失の低減
- ・重負荷時の電圧安定性維持

といった点を考慮して決定している。

なお、具体的な数値は下表のようになっている。

公称電圧(kV)	上限(kV)	下限(kV)	公称電圧(kV)	上限(kV)	下限(kV)
500	545	525	275	287.5	275
	550	-		287.5	263
	525	495		300	-
	525	500		287.5	267
	515	485		287.5	-
	510	490	220	231	209
		230		220	

注：電気学会技術報告・第743号「電力系統の電圧・無効電力制御」の「運用上下限電圧」のうち、「変電所母線」の抜粋を記載

1.5 送電線

(1) 線路容量(熱容量)

送電容量(熱容量)は次の式から求めた。

$$(\text{送電容量}) = 3 \times (\text{公称電圧}) \times (\text{連続許容電流}) \times (\text{力率}=0.95)$$

上式により求めた平均的な送電容量(有効数字2桁)を表に示す。

公称電圧(kV)	線種	導体	容量(MW)
500kV	TACSR	410mm ²	1,100
		410mm ² × 4	4,400
		810mm ²	1,700
		810mm ² × 4	6,700
	XTACIR	400mm ²	1,400
275kV	ACSR	410mm ² × 4	1,500
	TACSR	810mm ² × 4	3,000
220kV	TACSR	810mm ²	740
	XTACIR	400mm ²	640

(2) 潮流上限値の基本的考え方

- ・ 安定度(過渡安定度, 定態安定度)
- ・ 電圧安定性
- ・ ルート断時の周波数上昇および周波数低下(電源線は主系統側の周波数低下のみ)

といった点を考慮して決定している。

1.6 負荷

(1) 負荷増加率

開始時点の負荷に対する伸び率で表す。

変化時間帯	変化率(% / 分)
朝の増加	0.6
昼休み後の増加	1.0

(2) PQ 相関関係式

- ・ P の関数として、1 次式あるいは 2 次式を用いて示した。

$$Q = a + bP + cP^2 \quad (P: \text{MW}, Q: \text{MVar})$$

- ・係数は時間や場所によって大きく異なるため、例として3パターン示した。
- ・有効電力(P)が目安より大きな値になると定数項がほとんど無視されてしまうため負荷力率が悪くなる。使用に際しては目安程度のPが複数並列されているとして、それぞれのPに対する無効電力(Q)を算出し合計した値を用いる。

a	b	c	Pの範囲の目安
-86	0.38	0.0	600MW程度以下の変圧器単位の負荷を想定
-41	0.11	0.0015	300MW程度以下の変圧器単位の負荷を想定
-2000	0.6	0.0	6000MW程度以下の地域需要を想定

(3) 負荷遮断

電圧検出値(pu)	負荷遮断率	備考
0.85	系統による	一部系統のみ
0.82	状況による	電圧が回復するまで段階的に遮断
0.77	変電所一括	50秒継続にて負荷遮断

上記表は負荷遮断の例を個別に示すもので、多段制御を示すものではない。

(4) 誘導電動機

R1()	R2()	X1()	X2()	Xm()
0.011	0.007	0.063	0.085	2.1
0.015	0.015	0.112	0.171	1.11
0.18	0.17	3.52	2.9	56.8
0.088	0.079	2.217	1.879	39.910
0.057	0.125	1.343	1.556	31.745
0.375	0.286	4.005	4.148	147.318
0.0276	0.0181	0.0572	0.0918	2.73

1.7 調相設備

(1) 母線当たりの容量上限

- ・ SC : 変圧器容量の20%~30%以内
- ・ ShR : 変圧器容量の10%~20%以内

(2) 単機容量

投入・解放時の電圧変動率を2~3%以内にする。参考に実際の単機容量を示す。

- ・ SC : 5, 10, 15, 20, 24, 30, 40, 50, 60, 80, 120MVA
- ・ ShR : 30, 40, 50, 60, 75, 100, 200 MVA

(3) 定格電圧

基本的には「定格電圧 = 公称電圧」としている。ただし、運転電圧を考慮し公称電圧以外の定格電圧としているものもある。参考に実際の定格電圧を示す。

- ・ SC : 22, 33, 66, 77kV
- ・ ShR : 22, 33, 63, 66, 77, 187, 500 kV

(4) 投入開放制御

VQCあるいはタイムスケジュール運転を行っている。

(5) SVC

スローリアクタンス，不感帯，無効電流設定についてはデータ無し。

基準電圧(kV)	TCR 容量(MVA)	SC 容量(MVA)
526 ~ 536	100	80
275 ~ 281	100	240

スローリアクタンスは一般に 1 ~ 10%が採用されている。