

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-290-1 改3
提出年月日	平成30年4月17日

工事計画に係る補足説明資料
その他発電用原子炉の附属施設（常用電源設備）

変更箇所抜粋

平成30年4月

日本原子力発電株式会社

1. 添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための説明資料リストを以下に示す。

資料 No.	工認添付資料	補足説明資料
1	V-1-9-2-1 常用電源設備の健全性に関する説明書	1. 発電所構内における電気系統の信頼性確保
		2. 電線路の独立性及び物理的分離
		3. 発電用原子炉施設の電力供給確保
2	常用電源設備の健全性に関する説明書	1. 電気設備の異常の予防等に関する設計事項
3		1. 常用電源設備の改造, 取替について
4		1. 常用電源設備の冷却能力等を踏まえた運転制限等の評価による, 設備の健全性を維持するための電気出力上限について
5	V-1-9-2-2 三相短絡容量計算書	1. 275kV 超高圧開閉所遮断器の三相短絡電流計算結果
		2. 275kV 系統設備の既工認との比較

常用電源設備の健全性に関する説明書に係る補足説明資料
(常用電源設備の冷却能力等を踏まえた運転制限等の評価
による、設備の健全性を維持するための電気出力上限に
ついて)

1. 常用電源設備の冷却能力等を踏まえた運転制限等の評価による、設備の健全性を維持するための電気出力上限
について

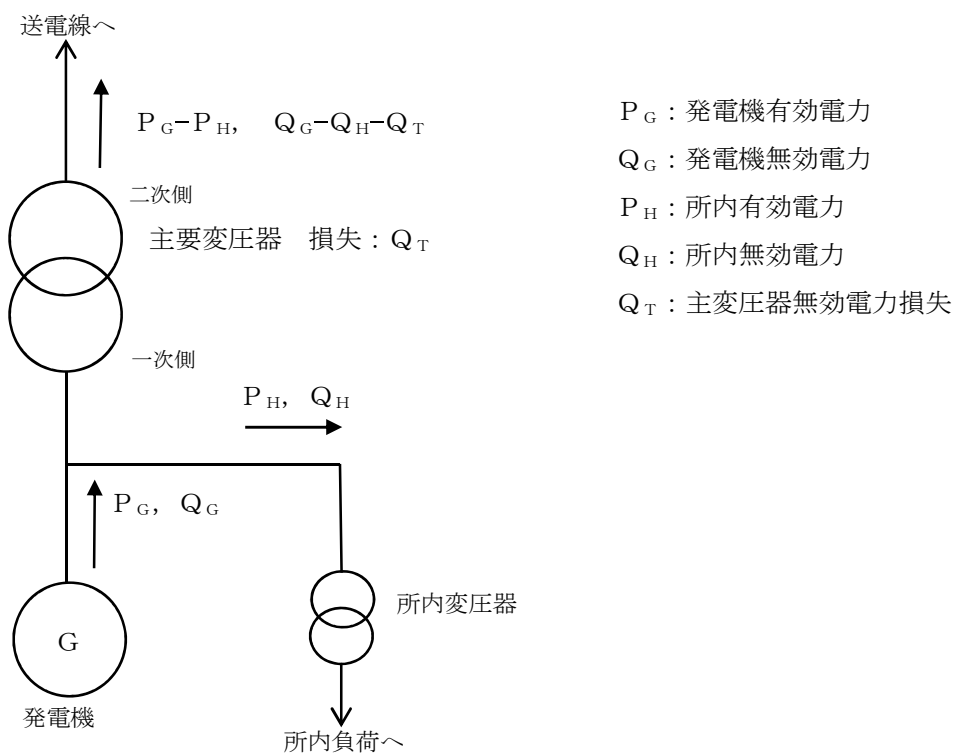
1. 評価方針

東海第二発電所の電気設備については、発電機、主要変圧器の運転制限曲線をすべて満足する範囲内で発電機を運転することにより、電気設備の健全性が確保される。

定格熱出力一定運転の実施により、電気出力（有効電力）が増加することから、有効電力が増加する側について発電機の運転制限範囲及び電気出力の上限値を算出する。

2. 電源構成及び定数

発電機で発生した電力は、主要変圧器を経由して送電線に電力を供給するルートと、所内変圧器を経由して発電所の運転に必要な電力（所内電力）を供給するルートに分かれる。電源構成を図1に示す。



P_G : 発電機有効電力
 Q_G : 発電機無効電力
 P_H : 所内有効電力
 Q_H : 所内無効電力
 Q_T : 主変圧器無効電力損失

図1 電源構成

これらの電気設備の定数は以下のとおりである。

- ・ 定格電気出力 $P_L = 1100.0 \text{ MW}$
- ・ 発電機定格容量 $X_G = 1300.0 \text{ MVA}$
- ・ 主要変圧器定格容量 $X_T = 1300.0 \text{ MVA}$
- ・ 主要変圧器リアクタンス降下率（主要変圧器定格容量ベース） $\% q_T = 13.96 \%$

- ・ 所内率（定格電気出力ベース，所内変圧器による損失を含む） $r_H = 3.0 \%$
- ・ 所内力率（所内負荷設計値 0.85 を使用） $\cos \theta_H = 0.85$

上記定数より，所内有効電力 P_H ，所内無効電力 Q_H ，主要変圧器無効電力損失 Q_T を求めると以下のとおりとなる。

$$\text{所内有効電力 } P_H = P_L \times r_H / 100 = 33.0 \text{ MW}$$

$$\text{所内無効電力 } Q_H = (P_H / \cos \theta_H) \times \sin \theta_H = 20.5 \text{ MVar}$$

$$\text{主要変圧器無効電力損失 } Q_T = X_T \times \%q_T / 100 = 181.48 \text{ MVar}$$

3. 発電機（固定子コイル温度上昇限度）による運転制限

発電機は，構成部品各部の温度上昇限度から決められる運転制限曲線を超えない事が運転条件である。このうち，有効電力が増加する側については，固定子コイルの温度上昇限度より運転制限範囲が決められる。運転制限範囲は以下の式で表される。

$$\sqrt{P_G^2 + Q_G^2} \leq X_G \quad \dots\dots\dots (1)$$

よって，運転制限範囲を定める制限曲線は，以下のとおりとなる。

$$P_G^2 + Q_G^2 = 1300.0^2 \quad \dots\dots\dots (1)'$$

4. 主要変圧器による発電機運転制限

主要変圧器の定格容量は二次側の通過皮相電力にて定義されているため，二次側通過皮相電力が主要変圧器定格容量を超えないことが運転条件である。図 1 に示すように，二次側の通過皮相電力は，発電機出力から所内電力と主要変圧器の無効電力損失を差し引いたものであるため，運転条件を数式で表現すると，

$$\sqrt{(P_G - P_H)^2 + (Q_G - Q_H - Q_T)^2} \leq X_T \quad \dots\dots\dots (2)$$

となり，発電機の出力 (P_G ， Q_G) はこの範囲内で運転する必要がある。

よって，2. 項で求めた， P_H ， Q_H ， Q_T より，運転制限範囲を定める制限曲線は，以下のとおりとなる。

$$(P_G - 33.0)^2 + (Q_G - 201.98)^2 = 1300.0^2 \quad \dots\dots\dots (2)'$$

5. 発電機，主要変圧器の制限による電気出力上限値の算出

発電機の電気出力上限値は，発電機，主要変圧器による運転制限曲線それぞれの領域を満たす有効電力 P_G の最大値となる。

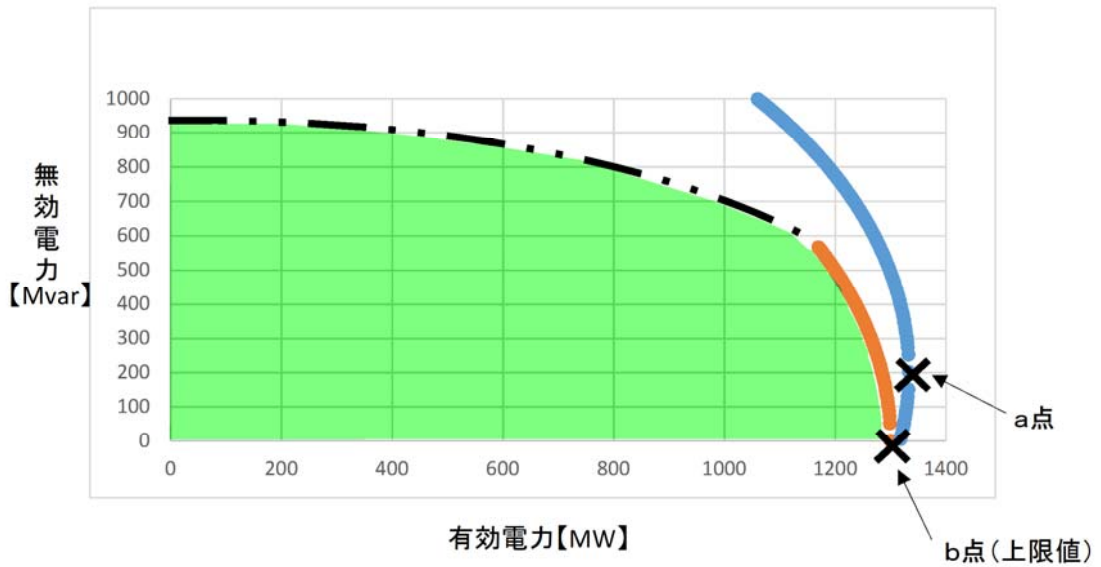
発電機及び主要変圧器による運転制限曲線を図 2 に示す。図 2 より，曲線 (1)'，(2)' を満たし P_G が最大となる点は，曲線 (1)' の下端の点 (b 点) となり，有効電力，無効電力，力率は，以下のとおりとなる。

$$P_{G(\max)} = 1300.0 \text{ MW}$$

$$Q_{G(\max)} = 0 \text{ MVar}$$

$$\text{力率} = 1$$

よって，運転制限曲線によって定まる電気出力の上限値は，1300.0 MW (定格電気出力の 118.1%)，力率 1 となる。



- : 発電機固定子コイル温度上昇限度による運転制限曲線 (曲線 (1) ')
- : 主要変圧器(1300.0MVA)による運転制限曲線 (曲線 (2) ')
- - - : 発電機回転子コイル温度上昇限度による運転制限曲線
- : 運転範囲

a 点 : 主要変圧器の出力制限点 (1333.0 MVA, 201.98 Mvar)

b 点 : 発電機の出力制限点 (1300.0 MVA, 0 Mvar) 【電気出力上限値】

図2 発電機・主要変圧器による運転制限曲線

三相短絡容量計算書に係る補足説明資料
(275kV 超高圧開閉所遮断器の三相短絡電流計算結果)
(275kV 系統設備の既工認との比較)

1. 275kV 超高压開閉所遮断器の三相短絡電流計算結果

1.1 概要

本資料は、添付書類「V-1-9-2-2 三相短絡容量計算書」における短絡容量の計算過程及び線路用 275kV 遮断器と合わせて取替えを行う、工事計画対象外の 275kV 超高圧開閉所遮断器を含めた定格遮断電流選定の妥当性について補足説明するものである。

(1) 275kV 超高圧開閉所遮断器の定格遮断電流等について

超高圧開閉所遮断器は以下の遮断器である。

(工事計画対象遮断器)

- ・線路用 275kV 遮断器 (1号)
- ・線路用 275kV 遮断器 (2号)

(工事計画対象外遮断器)

- ・発電機並列用 275kV 遮断器
- ・起動変圧器 2A 受電用 275kV 遮断器
- ・起動変圧器 2B 受電用 275kV 遮断器

これらの遮断器について、定格遮断電流選定に至る三相短絡容量の計算過程等について以下に示す。

a. インピーダンス

(a) 東海第二発電所%インピーダンス (2026 年度末想定)

東海第二発電所%インピーダンス(1) (2026 年度末想定) を図 1-1 に示す。

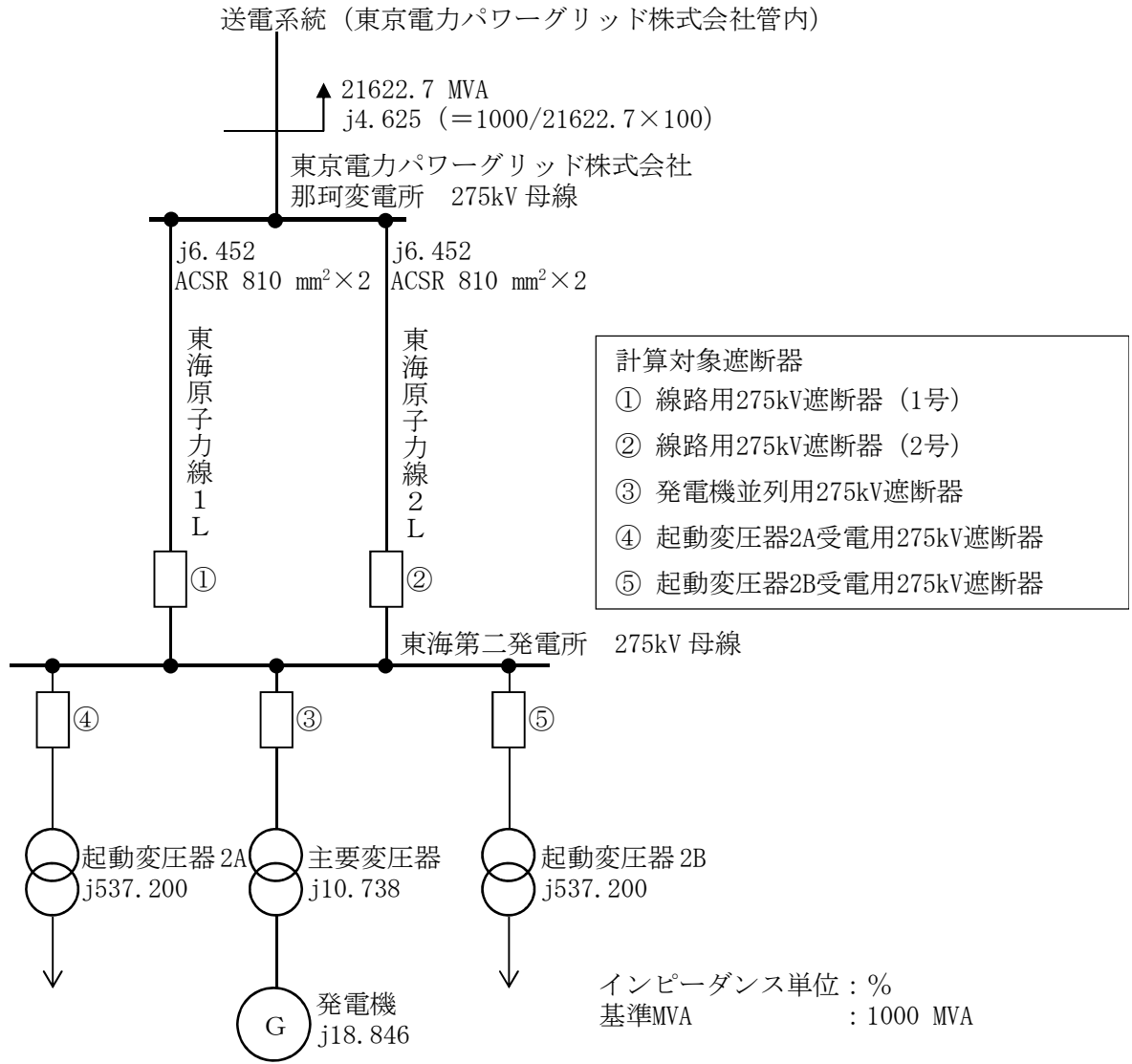


図 1-1 東海第二発電所%インピーダンス(1) (2026 年度末想定)

(b) 東海第二発電所超高圧開閉所各遮断器における%インピーダンスの計算

東海第二発電所%インピーダンスを「(a) 東海第二発電所%インピーダンス (2026年度末想定)」に示した諸元より、以下のとおり計算する。

東海原子力線を含めた送電系統側 2 回線分の%インピーダンスは、送電系統と東海原子力線 1L, 2L の%インピーダンスを合成し、以下の計算から $j7.851$ となる。

$$j4.625 + \frac{1}{\frac{1}{j6.452} + \frac{1}{j6.452}} = j7.851$$

上記の東海原子力線を含めた送電系統側 2 回線分の合成%インピーダンスから、送電系統側 1 回線分の%インピーダンスを算出すると、以下の通り $j15.702$ となる。

$$j7.851 \times 2 = j15.702$$

発電機並列用 275kV 遮断器の所内側%インピーダンスは、発電機及び主要変圧器の%インピーダンスを合成し、以下の計算から $j29.584$ となる。

$$j10.738 + j18.846 = j29.584$$

超高圧開閉所各遮断器における%インピーダンスは以下の通り。

線路用 275kV 遮断器(1号)又は(2号) (図 1-1 ①, ②の遮断器)における%インピーダンスは、送電系統側 1 回線, 発電機, 主要変圧器, 起動変圧器 2A 及び起動変圧器 2B の%インピーダンスを合成し、以下の計算から $j9.880$ となる。

$$\frac{1}{\frac{1}{j537.200} + \frac{1}{j537.200} + \frac{1}{j29.584} + \frac{1}{j15.702}} \doteq j9.880$$

発電機並列用 275kV 遮断器 (図 1-1 ③の遮断器)における%インピーダンスは、送電系統側 2 回線, 起動変圧器 2A 及び起動変圧器 2B の%インピーダンスを合成し、以下の計算から $j7.628$ となる。

$$\frac{1}{\frac{1}{j7.851} + \frac{1}{j537.200} + \frac{1}{j537.200}} \doteq j7.628$$

起動変圧器 2A 受電用 275kV 遮断器又は起動変圧器 2B 受電用 275kV 遮断器 (図 1-1 ④, ⑤の遮断器)における%インピーダンスは、送電系統側 2 回線, 発電機, 主要変圧器及び起動変圧器 1 台の%インピーダンスを合成し、以下の計算から $j6.133$ となる。

$$\frac{1}{\frac{1}{j7.851} + \frac{1}{j29.584} + \frac{1}{j537.200}} \doteq j6.133$$

b. 計算結果

「a. (b) 東海第二発電所%インピーダンスの計算」から、東海第二発電所%インピーダンス(2)を図1-2に、遮断器短絡電流計算結果を表1-1に示す。

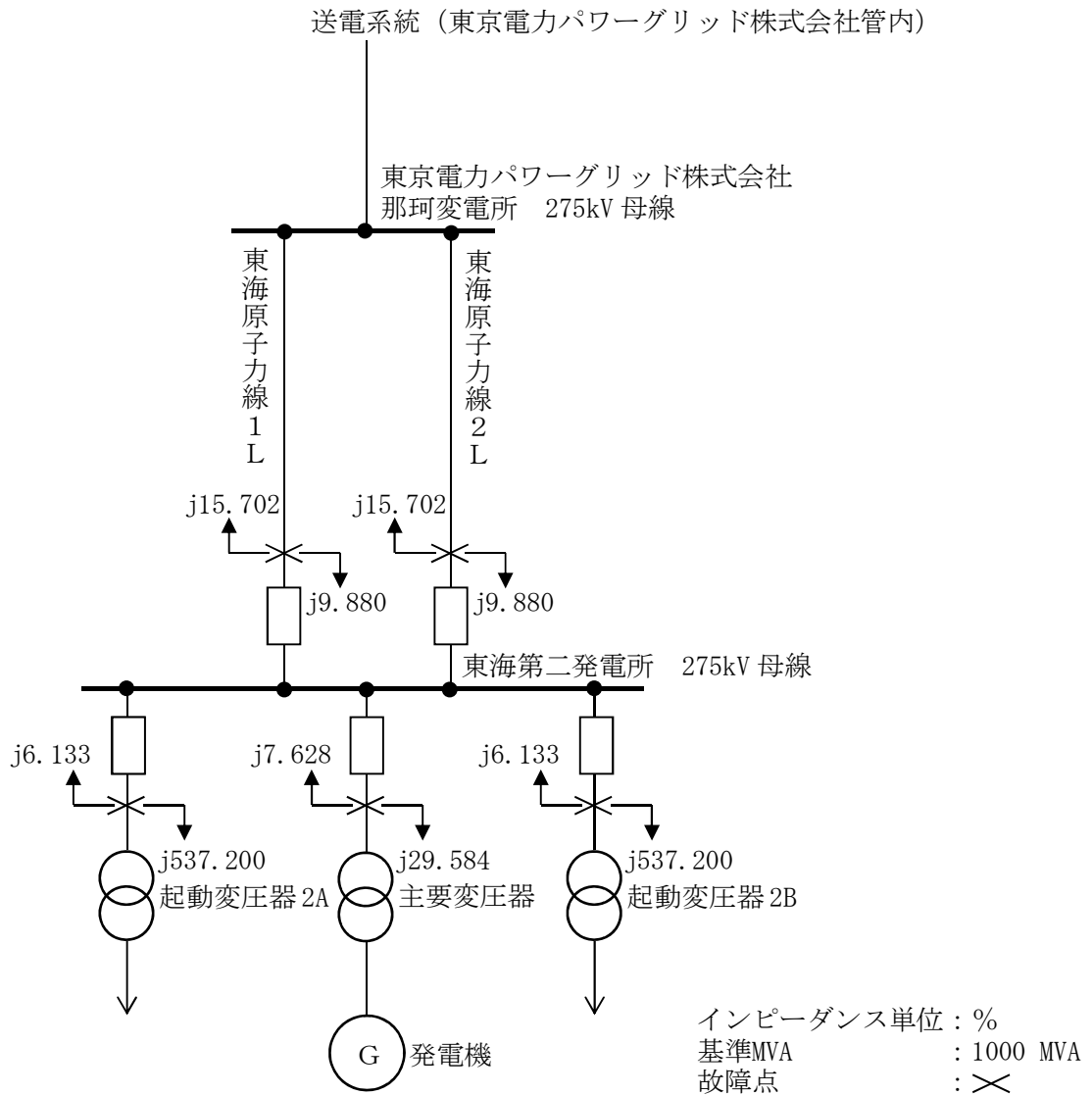


図 1-2 東海第二発電所%インピーダンス(2)

表 1-1 遮断器短絡電流計算結果

No.	遮断器 設置場所	%Z (1000 MVA ベース(%))	短絡容量 100/%Z ×1000(MVA)	短絡電流 (kA)	設置遮断器 定格遮断電流 (kA)	設置遮断器 定格遮断電流 選定理由
①	線路用 275kV 遮断器 (1号)	9.880	10121.5	21.3	50	275kV ガス遮断器の定格遮断電流 50kA を選定する。
②	線路用 275kV 遮断器 (2号)	9.880	10121.5	21.3	50	275kV ガス遮断器の定格遮断電流 50kA を選定する。
③	発電機並列用 275kV 遮断器	7.628	13109.6	27.6	50	275kV ガス遮断器の定格遮断電流 50kA を選定する。
④	起動変圧器受電用 275kV 遮断器 (2A)	6.133	16305.3	34.3	50	275kV ガス遮断器の定格遮断電流 50kA を選定する。
⑤	起動変圧器受電用 275kV 遮断器 (2B)	6.133	16305.3	34.3	50	275kV ガス遮断器の定格遮断電流 50kA を選定する。

(2) 東海原子力線 1L 及び東海原子力線 2L の%インピーダンスについて

東海原子力線 1L 及び東海原子力線 2L の%インピーダンスは、電線サイズ、条数等から決定される単位長 (km) あたりの%インピーダンスをもとに、送電線の亘長から算出する。各送電線の諸元からの算出結果を表 1-2 に示す。

表 1-2 東海原子力線 1L 及び東海原子力線 2L の%インピーダンス

送電線種	電線サイズ (mm ²)	条数	%インピーダンス (%/km)	亘長 (km)	%インピーダンス (%)
ACSR (鋼心アルミより 線)	810	2	j0.39033	16.53	j6.452

2. 275kV 系統設備の既工認との比較

2.1 概要

添付書類「V-1-9-2-2 三相短絡容量計算書」に用いる各設備の%インピーダンスは、既工事計画書（昭和49年6月17日付け建建発第30号工事計画認可申請書）の三相短絡容量計算書と異なる値を用いている。本資料は、計算に用いている%インピーダンスが既工事計画書と異なる理由について補足説明するものである。

2.2 275kV 系統設備の既工認との比較

既工事計画書の三相短絡容量計算書にて計算に用いられている%インピーダンスは、送電系統、主要変圧器、発電機である。それらの設備について、既工事計画書記載の値、今回計算に用いる値及びその異なる理由について表2-1に示す。

表 2-1 遮断器短絡電流計算結果

No.	対象設備	既工事計画書記載の %インピーダンス(%)*1	今回の計算に用いる %インピーダンス(%)*2	異なる理由
1	送電系統	23.115	7.851	1976年4月から2026年度末までの、東海第二発電所からの上流にある東京電力パワーグリッド(柵管内系統設備)の追設、改造(計画含む)を反映したため。
2	主要変圧器	11.65	10.738	主要変圧器の取替(平成23年11月4日付け発室発第298号工事計画届出書)を反映したため。
3	発電機	26.95	18.846	既工認においては、%過渡リアクタンス x_d' を用いたが、今回の計算では短絡電流の値が保守的となる%初期過渡リアクタンス x_d'' を用いたため。

注記 *1：昭和51年(1976年)4月受電時想定値

*2：平成29年度(2017年度)供給計画の平成38年度末(2026年度末)想定値