

第2章 計画設計

2.1 計画設計の手順と作成図書

2.1.1 一般事項

(1) 電気設備の計画設計

電気設備は、ダム、頭首工、ポンプ場等の施設を構成する一部分であり、主となる機械設備の付帯設備として構成される。電気設備の設計と機械設備の設計の関係を図 2.1-1 に示す。

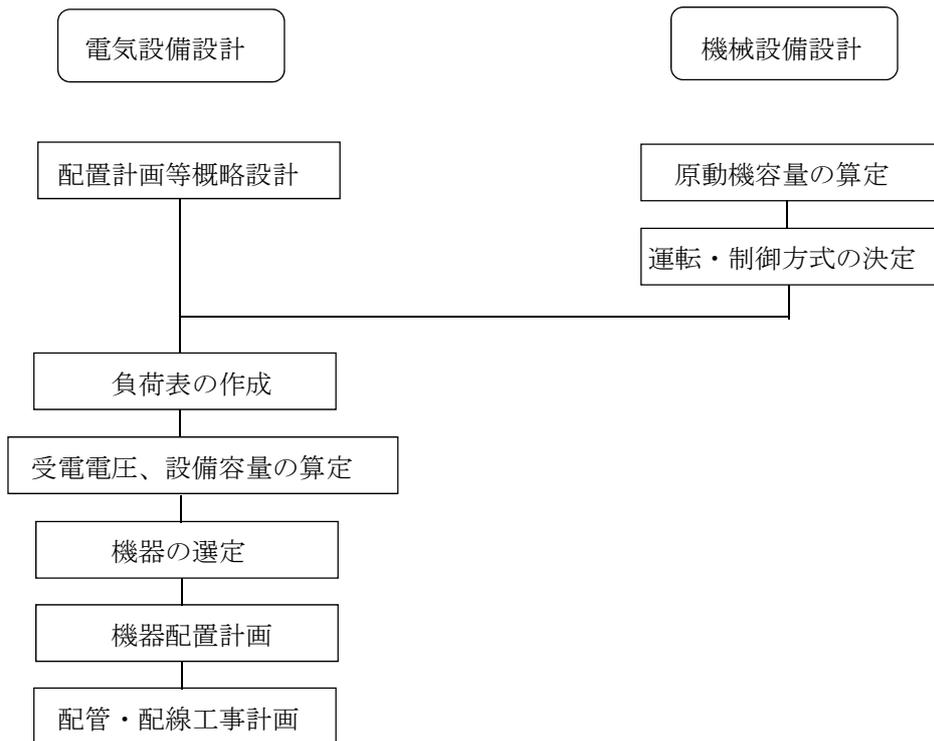


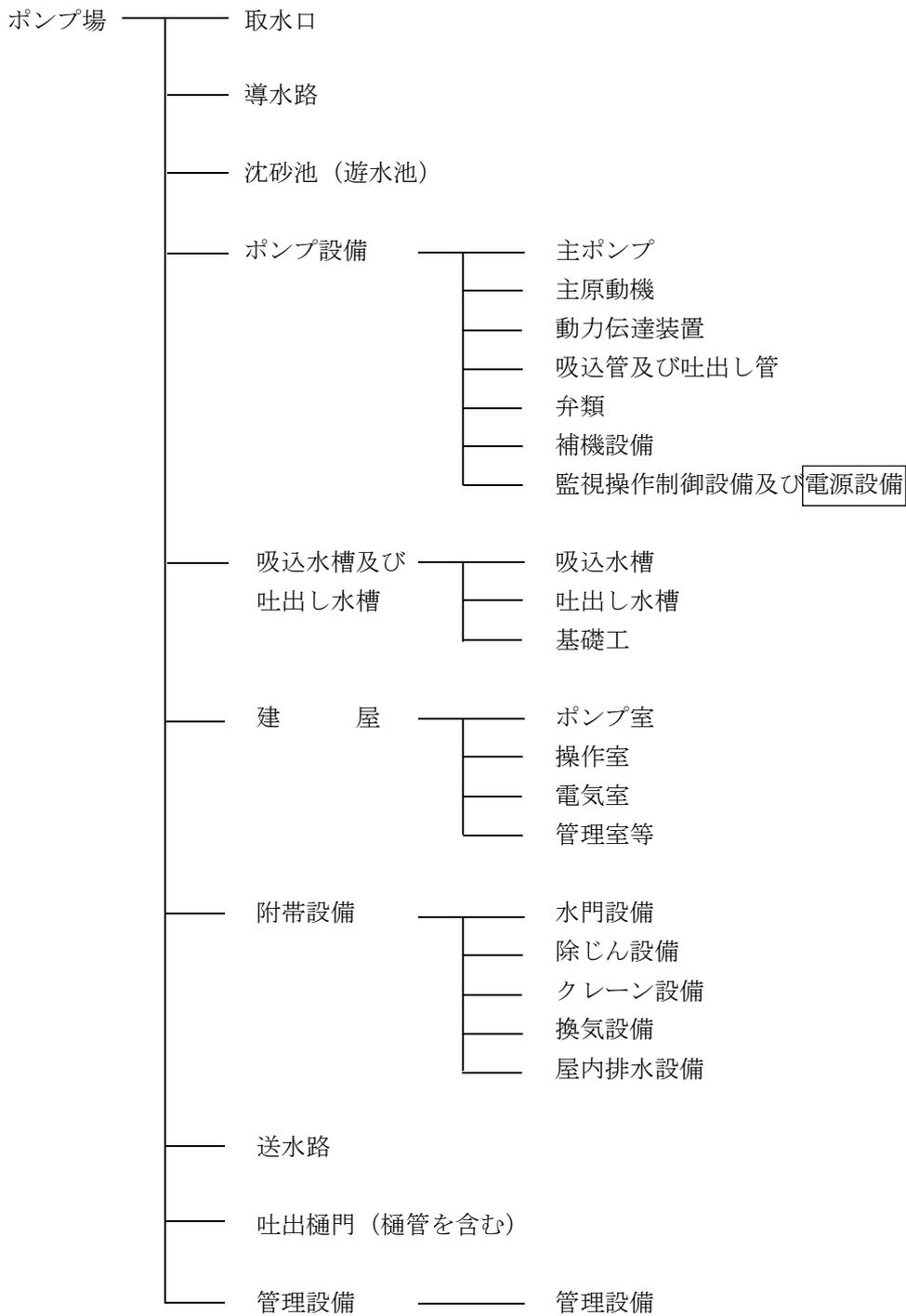
図 2.1-1 機械設備設計と電気設備設計の関係図

(2) 農業水利施設における電気設備の位置付け

農業水利施設における電気設備の位置付けをポンプ場、頭首工を例に図 2.1-2、図 2.1-3 に示す。

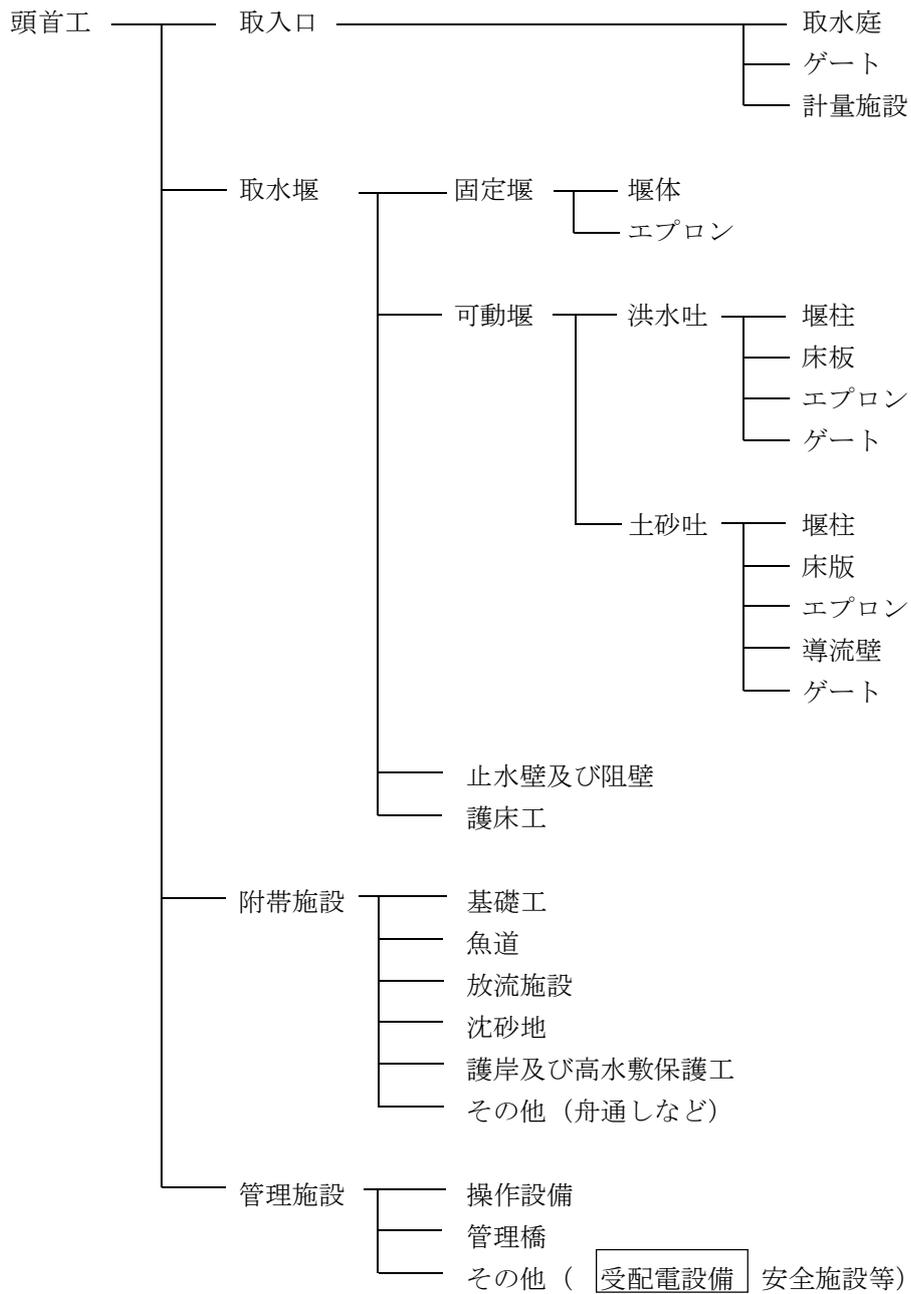
電気設備は、ポンプ設備やその他機械設備と一体となって機能を発揮することから、互いの役割分担を明確にし、調和のとれた施設とする必要がある。

第2章 計画設計



※ 電源設備 は電気設備を示す

図 2.1-2 ポンプ場における電気設備の位置付け



※ は電気設備を示す

図 2.1-3 頭首工における電気設備の位置付け

(3) 電気設備の基本構成

電気設備の基本構成は、電力会社から電力を受電し、負荷に応じた電圧へ変圧するための受変電設備、負荷設備へ電力を供給するための配電設備・動力設備及び運転操作のための設備などからなる。更に停電による施設の停止が許されない場合などでは非常用発電装置、直流電源装置などが必要となる。

これら設備の関係を図 2.1-4 に示す。

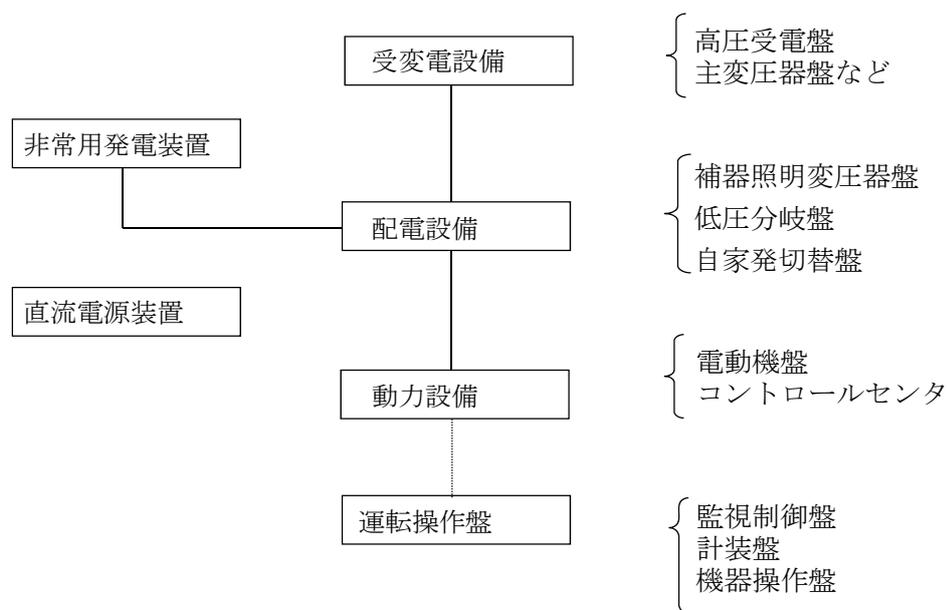


図 2.1-4 電気設備の基本構成

2.1.2 設計手順

電気設備の設計に当たっては農業水利施設の諸元、機械設備の仕様、全体配置図、設置環境などの基本条件を明確にしたうえで、表 2.1-1 に示す設計手順と検討内容にしたがって行う。

表 2.1-1 設計手順と検討項目

	設計検討項目	検討内容
基本設計	施設の基本条件	水利施設の諸元、機械設備の仕様 全体配置図、設置環境 負荷の運転、制御、監視方式 契約電力、受電方式、受電電圧、盤構成
	運転操作方式の決定	
	電気設備仕様の概定	
	電気設備の概略配置	

(次ページへ続く)

表 2.1-1 設計手順と検討項目(続き)

	設計検討項目	検討内容
詳細設計	(2.2項) 契約種別と契約電力の決定	負荷表の作成、契約種別の決定、契約電力の算定
	(2.3項) 受電方式の決定	受電方式、短絡容量
	(2.3項) 受電電圧の決定	高圧受電、高圧+低圧受電、低圧受電
	(2.4項) 配電方式の決定	電動機電圧、補機電圧、変圧器バンク構成、母線構成
	(2.5項) 力率改善方式の決定	進相コンデンサの設置方法、容量計算
	(2.6項) 高調波対策の決定	対策方法、高調波流出電流計算
	(2.7項) 保護方式の決定	受電・負荷設備の保護方式 耐雷、避雷設備
	(3.1項) 誘導電動機の選定	形式、始動方式、速度制御方式
	(3.2項) 変圧器の選定	形式、容量計算
	(3.3項) 配電盤の選定	引込・受電盤、変圧器盤、高圧動力盤、低圧盤
(3.4項) 非常用発電装置の選定	原動機機関選定、発電機・原動機容量 燃料、冷却、吸排気系統、騒音対策、 関連法規(消防、環境)	
(3.5項) 直流電源装置の選定	蓄電池選定、容量計算	
(4.1~4.6項) 据付及び配線の設計	配置、電線路、接地、耐震等	

2.1.3 作成図書

電気設備の設計に当たって作成する各種検討資料(以下「設計図書」という。)の一覧を表2.1-2に示す。設計図書のうち、単線結線図^{※1}、計装フロー図は次の事項にしたがって作成する。なお、計装フロー図は計装設備^{※2}が多く計装盤を設ける場合に作成する。

(1) 単線結線図

単線結線図は電気系統の主回路を主体に主要電気機器を JIS C 0617-1~13(2011) (:電気用図記号) に定める単線図用記号で表し、その相互の接続関係を単一の実線で表す。

また、JIS C 1082-1~4(1999) (:電気技術文書)の文字記号、JEM 1090(2008) (:制御器具番号)の制御器具番号、機器の主要定格記事、機器の個数などを必要に応じて記入する。

なお、単線結線図に用いる略号、文字記号、制御器具番号については第7章参考資料7.3.1~2項を参照すること。

(2) 計装フロー図

計装フロー図は、農業水利施設の計測、制御の流れを表したもので、一般にフローシートとも呼ばれる。計測制御信号は国際的な標準統一電気信号を用いる。現場の検出器と監視室との距離が長い場合は、ノイズの影響を受けにくいDC 4~20mAの電流信号が適用され、監視室内の各計器、CPU、コントローラ、シーケンサへの受渡しはDC 1~5Vが適用される場合もある。

計装フロー図の例を図2.1-6に示す。フロー図に用いる記号(JIS Z 8204(1983):計装用記号)の一部は第7章参考資料7.3.4項を参照すること。

なお計装の表示部は記号で表示し、この基本表示は次のように行われる。

基本表示→

変量記号

 +

機能記号

例1 L I : レベル指示

例2 F R Q : 流量記録積算

※1 JEM 1115(2010) (配電盤・制御盤・制御装置の用語及び文字記号) では、単線結線図を次のように定義している。「電気機器全般の系統と電氣的接続関係の構成を、簡単に単線で示した接続図」としてSingle Line Diagram, One Line Diagram, Skeleton Diagramなど色々な呼び方がある。

※2 水位、水量、位置等の物理量の計測装置及びこれらの測定結果を用いて水位制御や流量制御等を行う制御装置を総称して計装設備 (Instrumentation) という。例えば、検出器、変換器、指示計、調節計、記録計などである。

表 2.1-2 設計図書

作成資料		作業内容及び作業目的	備考
検討資料	受変電設備設計	負荷表の作成、契約電力・受電方式・受電電圧・配電方式・力率改善方式・高調波対策方式・保護方式・電圧降下対策の決定及び容量計算を行う。	
	電動機の選定	誘導電動機の始動方式、速度制御方式の決定を行う。	
	変圧器設計	変圧器種別検討、変圧器容量計算を行う。	
	配電盤設計	配電盤構成の決定を行う。	
	非常用発電設備設計	機関選定、負荷表作成、容量計算、騒音検討を行う。	
	直流電源設備設計	蓄電池の選定、容量計算を行う。	
機器図	単線結線図	高圧受配電、低圧動力回路、直流電源装置、無停電電源装置などの単線結線図を作成する。各種申請用にも使用される。	
	配電盤外形図	各種配電盤の外形図を作成する。	
	計装フロー図	計測、制御の流れ図を作成する。	必要な場合に作成する。
工事図	構内図	構内全体を描画し、各設備の位置関係が把握できるものを作成する。	
	配線図	平面図、断面図に記述し、配線・配管などのルートや配線配管材料種別が把握できるものを作成する。	
	盤類等の据付図 (基礎ボルト含む)	盤の据付ベースがわかるものを作成する。	
	配置図	電気室、監視室などの機器配置が把握できるものを作成する。	
	接地系統図	接地種別及び系統が把握できるものを作成する。必要に応じて配線図に含める場合もある。	
	発電機フロー図	燃料配管、給排気、水配管などが把握できるものを作成する。必要に応じて配置図に含める場合もある。	
数量計算書	拾い出し表	工事材料の拾い出しと積算を行う。	
	補助資料	ピット図、基礎図など数量計算の裏付け資料を作成する。	
特別仕様書		各機器の仕様、操作方式などを仕様書に示す。	
概算工事費		機器及び据付配線の概算工事費を算出する。	

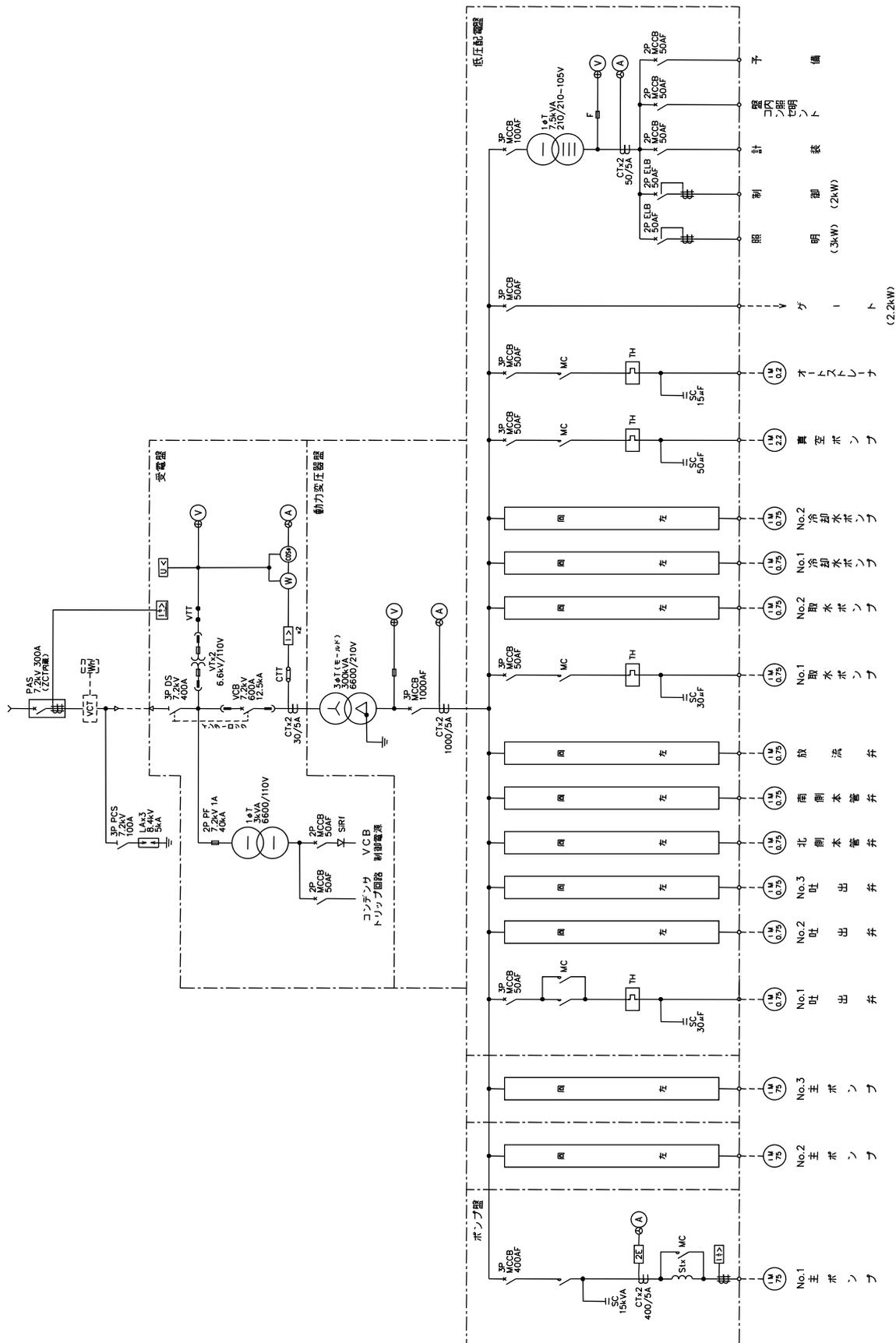


図 2.1-5 単線結線図 (例)

2.2 設備容量の計画

2.2.1 負荷設備と負荷表の作成

一般に、電気供給側からみて電気を消費する電灯や電動機等を負荷設備という。電気設備の設計においては、ポンプ、ゲート等の機械設備や建屋電灯設備等の負荷設備を集約することにより設計の基本事項が明らかになる。すなわち、負荷設備の容量、台数を集約することにより別項の契約電力、非常用発電装置容量、変圧器容量、コンデンサ容量計算へと展開される。これらの計算を行うに当たってはあらかじめ負荷表を作成する必要があるが、計算の目的により集計項目が異なるため、本指針では、負荷表の適用と留意点を表 2.2-1 に示すとともに、表 2.2-2、表 2.2-3 に2種類の負荷表を示す。

表 2.2-1 負荷表の適用と留意点

	留意事項	適用様式
契約電力	実働の容量を求めるために同時運転の有無、予備台数を明確にする。	表 2.2-2
非常用発電装置容量	停電時においても運転が必要な負荷を明確にする。 (例：排水機場のエンジン用補機等)	表 2.2-2
変圧器容量	常用、予備、同時運転の有無を明確にする。 容量は kVA となるため、負荷の効率・力率を明確にする。 需要率に関連するため連続・間欠運転の区別を明確にする。 電動機については始動時電圧降下に関連するため、最も大きい負荷の始動電流を明確にする。	表 2.2-3
コンデンサ容量	容量は各負荷の無効電力で決定されるため、負荷の効率・力率を明確にする。	表 2.2-3

2.2.2 契約種別

契約種別は、各電力会社の電気供給約款(以下「供給約款」という)によるが、各電力会社ごとに内容が若干異なるため注意を要する。契約種別は、後に述べる受電電圧等とともに電力会社と協議して最終的に決定する。契約種別の例(東京電力の場合)を表 2.2-4 に示す。

表 2.2-2 負荷表(1)

NO.	負荷名称	単機容量 P [kW]	電圧 [V]	連続	間欠	設備 台数	予備 台数	実働容量 P ₀ [kW]	非常用発電装置		備考
									対象台数	対象容量 [kW]	
1	動力負荷 (三相負荷)										
2											
3											
4											
5											
6											
7	(単相負荷)										
8											
9											
10	動力小計										
11											
12	電灯負荷										
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21	電灯小計										
22											
23	計										

注) 「予備台数」は「設置台数」の内数を示す。

表 2.2-3 負荷表(2)

No.	負荷名称	単機容量 P [kW]	単位	電 圧 [V]	設 備 台 数	予 備 台 数	効 率 η	力 率 pf	始動電流 I _s [A]	実働容量 P _o [kW]	入 力 P _{in} [kW]	入 力 P _q [kvar]	入 力 P _s [kVA]	需 要 率 β	P _{in} × β [kW]	P _q × β [kvar]	P _s × β [kVA]	備 考	
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			

注) 「予備台数」は「設置台数」の内数を示す。

- 計算方法
- P_o × P × (設備台数 - 予備台数) [kW]
 - P_{in} = P_o / η [kW]
 - P_q = P_s × √{1 - (pf)^{2}}} [kvar]
 - P_s = P_{in} / pf [kVA]

表 2.2-4 契約種別（例 東京電力）

電気供給約款（平成 28 年 1 月 1 日現在）

需要区分	契約種別	契約容量、電流又は電力の適用	
電 灯 需 要	定 額 電 灯	400VA 以下	
	従 量 電 灯	A	5A 以下
		B	10A 以上 60A 以下
		C	6kVA 以上 50kVA 未満
	臨 時 電 灯	A	3kVA 以下
		B	40A 以上 60A 以下
		C	6kVA 以上 50kVA 未満
	公 衆 街 路 灯	A	1kVA 未満
B		1kVA 以上 50kVA 未満	
電 力 需 要	低 圧 電 力	50kW 未満	
	臨 時 電 力	50kW 未満	
	農 事 用 電 力	50kW 未満	

電気需給約款「特定規模需要（高圧）」（平成 26 年 4 月 1 日現在）

契約種別	契約容量、電流又は電力の適用
業 務 用 季 節 別 時 間 帯 別 電 力	50kW 以上 2000kW 未満
高 圧 季 節 別 時 間 帯 別 電 力	50kW 以上 2000kW 未満
業 務 用 電 力	50kW 以上 2000kW 未満
高 圧 電 力	50kW 以上 2000kW 未満
臨 時 電 力	50kW 以上 2000kW 未満
農 事 用 電 力	50kW 以上 2000kW 未満
自 家 発 補 給 電 力 A	発電設備の検査補修等に伴う不足電力の補給
自 家 発 補 給 電 力 B	発電設備の検査補修等に伴う不足電力の補給
予 備 電 力	常時供給設備補修等に伴う不足電力の補給

(1) 電力の適用と留意事項

平成 5 年の総合資源エネルギー調査会によるエネルギー需給システムのあり方についての検討に端を発し、平成 7 年 4 月には電力小売事業制度や料金規制の見直しなど、電力の自由化に向けた大幅な電気事業法の改正が実施されて以来、電力小売自由化の対象は平成 12 年 3 月に特別高圧需要家、平成 16 年 4 月には契約電力 500kW 以上の高圧需要家、平成 17 年 4 月には契約電力 50kW 以上の高圧需要家へと徐々に拡大されて、平成 28 年 4 月から全面自由化へと進められてきた(表 2.2-5 参照)

このことから、各電力会社の契約種別の見直しにより、電力契約種別が各電力会社間で異なってきたところである。

今まで主に採用されていた農業農村整備事業等で造成されるかんがい排水用のポンプ、ゲート設備等の動力に供給する農事用電力契約は、一部の電力会社では契約メニューより削除された。

電力小売の自由化により電力会社以外の事業者（特定規模電気事業者）を選択することが可能となり、料金は供給側と需要家間の交渉で決定するようになったことから、より安価な電気契約に向けて電力供給会社との事前協議等が重要となる。

いずれの場合においても、受変電設備の建設に要する費用及び維持管理費等を考慮し、経済的な電気契約としなければならない。

a. 2回線受電による契約

ポンプ場などで運転期間がある一定期間（かんがい期のみの場合等）の場合は、動力用の電力については一定期間受電契約とし、通年受電が必要な建屋付帯照明等の電力については別回線として通年契約とする2回線受電の方法もあるが農事用電力の取り扱いが各電力会社により異なるため電力会社等との協議が必要である。

b. 低圧電力による契約

供給約款による「低圧電力」は、動力負荷利用のための契約種別である。これによる場合、動力回路から照明機器・制御装置（動力操作のための単純な操作回路は除く。）等への電力供給は認められない場合があることから、動力負荷に照明機器・制御装置を併設する場合は、別に従量電灯契約による受電を考慮する。

ただし、電力会社によっては軽微な負荷の場合、低圧電力からの供給が可能な場合もあることから、事前に電力会社等との協議が必要である。

表 2.2-5 電力自由化の経緯

	平成12年3月～	平成16年4月～	平成17年4月～
[契約kw] (電圧V)			
	自由化部門	自由化部門	自由化部門
[2,000kw] (20,000V)	<p>【特別高圧産業用】大規模工場 【特別高圧業務用】デパート、オフィス 電力量 26%</p>	<p>【特別高圧産業用】大規模工場 【特別高圧業務用】デパート、オフィス 【高圧B】中規模工場 【高圧業務用(500kW以上)】 スーパー、中小ビル 電力量 40%</p>	<p>【特別高圧産業用】大規模工場 【特別高圧業務用】デパート、オフィス 【高圧B】中規模工場 【高圧業務用】スーパー、中小ビル 【高圧A】小規模工場 電力量 63%</p>
[500kw]	<p>【高圧B】 中規模工場 電力量 9%</p>	<p>【高圧A】 小規模工場 電力量 9%</p>	
[6,000V]	<p>【高圧業務用】 スーパー、中小ビル 電力量 19%</p>	<p>【高圧業務用】 500kW未滿 電力量 14%</p>	
(100～ 200V)	<p>【低圧】小規模工場、コンビニ 電力量 5%</p> <p>【電灯】家庭 電力量 31%</p>	<p>【低圧】小規模工場、コンビニ 電力量 5%</p> <p>【電灯】家庭 電力量 31%</p>	<p>【低圧】小規模工場、コンビニ 電力量 5%</p> <p>【電灯】家庭 電力量 31%</p>
			平成28年4月全面自由化

参考：資源エネルギー庁第1回市場監視小委員会配布資料一覧（参考資料1）

2.2.3 契約電力の算定

契約電力の算定は各電力会社の「電気供給約款」「電気最終保障約款」「電気需給約款」等に基づき行う。

農事用電力以外では、契約電力が 50 [kW] 未満、50 [kW] 以上 500 [kW] 未満、500 [kW] 以上 2000 [kW] 未満の3種別で表 2.2-6 に示すようにその算定方法が異なる。

表 2.2-6 契約電力の算定方法

契約電力 50 [kW] 未満 ①	低圧電力が適用され、供給約款に基づく計算方法により契約電力が決定される。
50 [kW] 以上 500 [kW] 未満 ②	高圧電力A又は業務用電力が適用され、1年を通じての最大需要電力の値により契約電力が決定される。
500 [kW] 以上 2000 [kW] 未満 ③	高圧電力B又は業務用電力が適用され、使用する負荷設備及び受電設備の内容、同一業種の負荷率、操業度などを基準として、電力会社との協議により定める。

注) 高圧電力については、電力供給会社により契約種別名が異なる。

ただし、農事用電力が適用される場合は、契約電力 500 [kW] を境に算定方法が異なるので注意を要する。すなわち、契約電力が 500 [kW] 未満の場合は、供給約款に基づく算定方法により契約電力が設定され、契約電力が 500 [kW] 以上の場合は、高圧電力、特別高圧電力に準じて定められる。

以上を契約種別ごとにまとめると表 2.2-7 のとおりとなる。

表 2.2-7 契約種別ごと契約電力の計算方法

契約電力 \ 契約種別	業務用電力	低圧電力	高圧電力 A	高圧電力 B	農事用電力
契約電力 50 [kW] 未満	—	①	—	—	①
50 [kW] 以上 500 [kW] 未満	②	—	②	—	④
500 [kW] 以上 2000 [kW] 未満	③	—	—	③	③

注) 表中の①②③は、表 2.2-6 に対応している。
高圧電力については、電力供給会社により契約種別名が異なる。

農事用電力で 500 [kW] 未満の場合(表 2.2-7 の④に対応)の契約電力の計算例を東京電力電気供給約款に基づき、以下に述べる。

計算例に用いる単線結線図、負荷表を図 2.2-1、表 2.2-9 に示す。契約電力は、負荷設備による計算(契約負荷設備容量)と受電設備による計算(契約受電設備容量)を行い、それぞれの計算により得た値のうち、いずれか小さい方を契約電力とする。なお、契約電力の値は整数とし、小数点第1位を四捨五入する。

なお、高圧受電の場合で、受電設備を設置した初年度は、この計算例で算定した電力で契約を行うが、2年目以降については、デマンド（最大需要電力）を考慮した電力会社との契約電力量を協議して契約するよう留意する。また、500kW以上の高圧受電では、併せて農事用電力の適用についても留意する。

(1) 負荷設備（契約負荷設備）による計算

契約負荷設備の各入力についてそれぞれ次の a の係数を乗じて得た値の合計に b の係数を乗じて得た値。ただし負荷設備が出力表示されている場合は、表 2.2-8 契約負荷設備入力換算率表の換算率によって入力に換算する。

a. 契約負荷設備のうち

最大の入力 のものから	最初の2台の入力につき	100パーセント
	次の2台の入力につき	95パーセント
	上記以外のもの入力につき	90パーセント

ただし、電灯又は小型機器は、その全部を1台の契約負荷設備とみなす。

①誘導電動機

表 2.2-8 契約負荷設備入力換算率表

契約負荷設備		換算率
単相誘導 電動機	出力が馬力表示のもの	100.0パーセント
	出力がキロワット表示のもの	133.0パーセント
3相低圧誘導 電動機	出力が馬力表示のもの	93.3パーセント
	出力がキロワット表示のもの	125.0パーセント
3相高圧誘導 電動機	出力が馬力表示のもの	87.8パーセント
	出力がキロワット表示のもの	117.6パーセント

②その他の電気機器

上記以外の電気機器については、機器の特性に応じて需要家と電力会社との協議によって定める。

b. a によって得た値の合計のうち

最初の	6キロワットにつき	100パーセント
次の	14キロワットにつき	90パーセント
次の	30キロワットにつき	80パーセント
次の	100キロワットにつき	70パーセント
次の	150キロワットにつき	60パーセント
次の	200キロワットにつき	50パーセント
	500キロワットを超える部分につき	30パーセント

(2) 受電設備(契約受電設備容量)による計算

契約受電設備の総容量（単相変圧器を結合して使用する場合は、その群容量による。）と受電電圧と同位の電圧で使用する契約負荷設備の総入力との合計（この場合、契約受電設備の総容量については、1ボルトアンペアを1ワットとみなす。）に次の係数を乗じて得た値とする。ただし負荷設備が出力で表示されている場合は、表 2.2-8 契約負荷設備入力換算率表の換算率によって入力に換算するものとする。

最初の	50 キロワットにつき	80 パーセント
次の	50 キロワットにつき	70 パーセント
次の	200 キロワットにつき	60 パーセント
次の	300 キロワットにつき	50 パーセント
	600 キロワットを超える部分につき	40 パーセント

以上の負荷設備による契約負荷設備容量と、受電設備による契約受電設備容量の算定例を以下に示す。

(3) 負荷設備による計算例(契約負荷設備容量)

表 2.2-9 負荷表では容量が出力表示されているため表 2.2-8 契約負荷設備入力換算率表に基づき、入力電力に換算後(1)の a による係数を乗じて合計値を求める。計算結果を次表にまとめる。

a の計算

		容量×入力係数	入力換算	圧縮率(%)	圧縮後
もの から 最大 入力 の	最初の 2 台	75×1.25	93.75	100	$93.75 \times 1.00 = 93.75$
		75×1.25	93.75	100	$93.75 \times 1.00 = 93.75$
	次の 2 台	2.2×1.25	2.75	95	$2.75 \times 0.95 = 2.61$
		2.2×1.25	2.75	95	$2.75 \times 0.95 = 2.61$
	上記以外	6.95×1.25	8.69	90	$8.69 \times 0.90 = 7.82$
		単相負荷×1.00	7.50	90	$7.5 \times 0.90 = 6.75$

注) 入力係数は表 2.2-8 契約負荷設備入力換算率表による。
圧縮率は(1) a による。

次に a によって得た値に対し、(1) b の値を乗じる。

b の計算

	圧縮率	圧縮率後	残り容量
最初の 6kW	100%	$6 \times 1.00 = 6.0$	$207.3 - 6 = 201.3$
次の 14kW	90%	$14 \times 0.90 = 12.6$	$201.3 - 14 = 187.3$
次の 30kW	80%	$30 \times 0.80 = 24.0$	$187.3 - 30 = 157.3$
次の 100kW	70%	$100 \times 0.70 = 70.0$	$157.3 - 100 = 57.3$
次の 150kW	60%	$57.3 \times 0.60 = 34.4$	
合計		147.0	

したがって、本例における負荷設備による契約負荷設備容量算定値は 147.0 [kW] となる。

(4) 受電設備による計算例(契約受電設備容量)

図2.2-1の単線結線図により受電変圧器の容量は300kVAのため(2)による係数を乗じて合計値を求める。計算結果を次表にまとめる。

	圧縮率	圧縮率後	残り容量
最初の 50 キロワット	80%	$50 \times 0.80 = 40.0$	$300.0 - 50 = 250.0$
次の 50 キロワットにつき	70%	$50 \times 0.70 = 35.0$	$250.0 - 50 = 200.0$
次の 200 キロワットにつき	60%	$200 \times 0.60 = 120.0$	$200.0 - 200 = 0.0$
合計		195.0	

したがって、本例における受電設備による契約受電設備容量算定値は195.0 [kW] となる。

(5) 算定結果

(3)、(4)にて、負荷設備による計算と受電設備による計算の結果から負荷設備による値が147.0 [kW] と受電設備による値195.0 [kW] より小さいため、本例での契約電力は小数点第1位を四捨五入し147 [kW] となる。

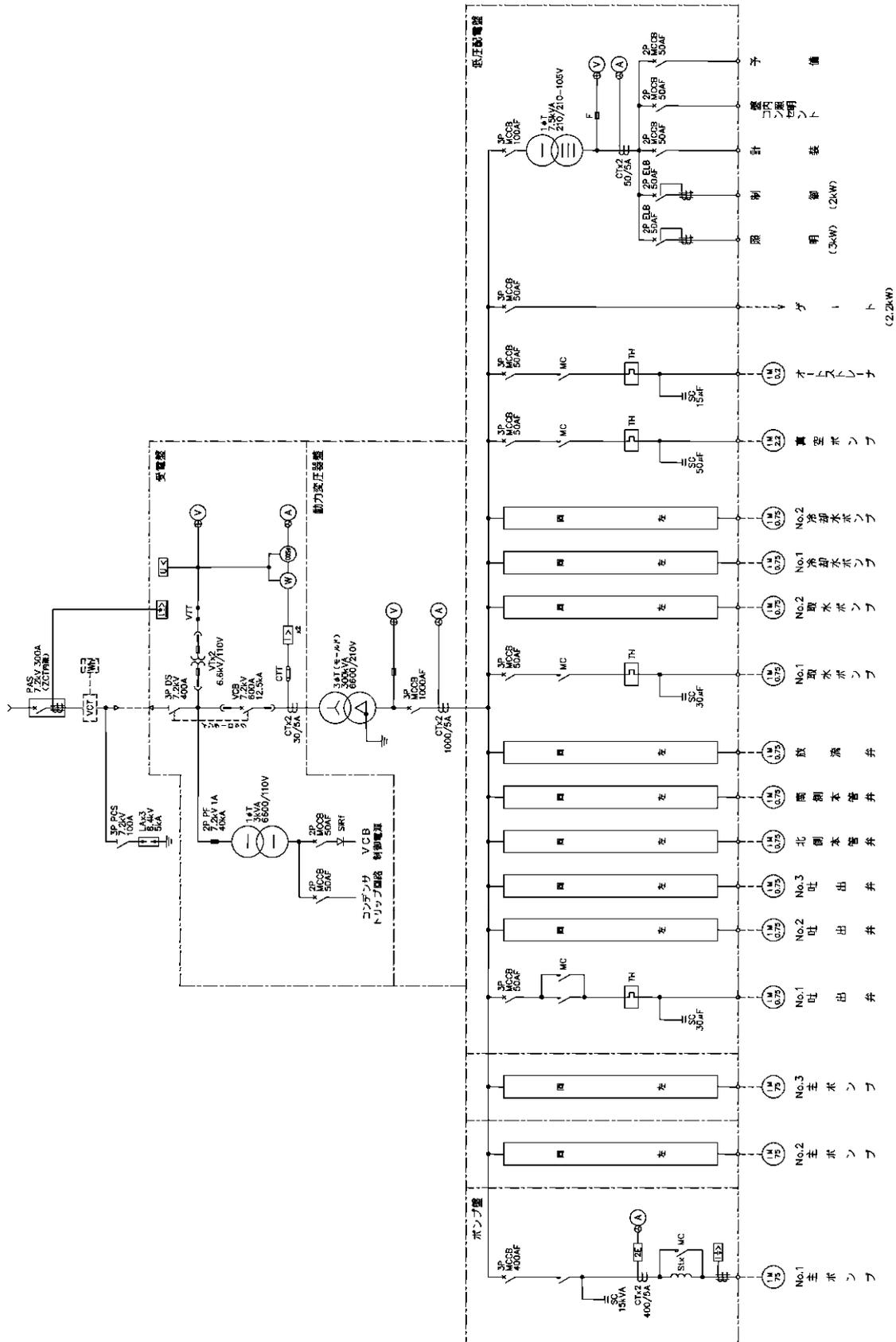


図 2.2-1 単線結線図 (例)

表 2.2-9 負荷表

No.	負荷名称	単機容量 P [kW]	電 圧 [V]	連続	間欠	設備 台数	予備 台数	実働容量 P ₀ [kW]	非常用発電装置		備 考
									対象台数	対象容量 [kW]	
1	主ポンプ	75	210	○		3	1	150	2	150	
2	吐出弁	0.75	210		○	3	1	1.5	2	1.5	
3	北側本館弁	0.75	210		○	1		0.75	1	0.75	
4	南側本館弁	0.75	210		○	1		0.75	1	0.75	
5	放流弁	0.75	210		○	1		0.75	1	0.75	
6	取水ポンプ	0.75	210	○		2		1.5	2	1.5	
7	冷却水ポンプ	0.75	210	○		2		1.5	2	1.5	
8	真空ポンプ	2.2	210	○		1		2.2	1	2.2	
9	オートストレーナ	0.2	210	○		1		0.2	1	0.2	
10	ゲート	2.2	210		○	1		2.2	1	2.2	
11	所内電源	7.5	210	○		1		7.5	1	7.5	
	合 計							168.85		168.85	

注) 「予備台数」は「設置台数」の内数を示す。

2.3 受電方式の決定

2.3.1 受電方式と受電電圧

受変電設備は一般に電圧が低いほど設備費が安価であり、設置面積が小さく、保守も容易である。受電電圧は表 2.3-1 に示すとおり契約電力によって定まり、契約電力が大きいほど高い電圧で受電する必要がある。

表 2.3-1 各電力会社の契約電力と標準供給電圧

電力会社	標準電圧							
	低圧	高压	特別高压					
	100V又は 200V	kV 6	kV 20	kV 30	kV 60	kV 70	kV 100	kV 140
北海道電力 50Hz	50kW 未満	2000kW 未満		2~10MW 未満	10MW 以上			
東北電力 50Hz	50kW 未満	2000kW 未満		2~10MW 未満	10~50MW 未満			50MW 以上
東京電力 50Hz	50kW 未満	2000kW 未満	2~10MW 未満		10~50MW 未満			50MW 以上
北陸電力 60Hz	50kW 未満	2000kW 未満	2~10MW 未満		10~50MW 未満			50MW 以上
中部電力 60Hz	50kW 未満	2000kW 未満	2~10MW 未満			10~50MW 未満		50MW 以上
関西電力 60Hz	50kW 未満	2000kW 未満	2~10MW 未満			10MW 以上		
中国電力 60Hz	50kW 未満	2000kW 未満	2~10MW 未満		10~30MW 未満		30MW 以上	
四国電力 60Hz	50kW 未満	2000kW 未満	2~10MW 未満		10MW 以上			
九州電力 60Hz	50kW 未満	2000kW 未満	2~10MW 未満		10~50MW 以上		50MW 以上	
沖縄電力 60Hz	50kW 未満	2000kW 未満	2000kW 以上		2000kW 以上			

平成28年4月

注) 特別高压受電電圧は、地域に限定する必要があるため、事前に電力会社へ確認すること。

受電方式は、負荷がどれだけ長時間の停電を許容するかによって決定されるが、特に農事用受変電設備については表 2.3-2 を参考にして次の順位で検討する。

- (1) 農事用電力により一定期間の受電を行う場合で非かんがい期に保守電源が必要な場合は、低圧電力契約又は電灯契約などの要否について検討する。(ただし、電力会社との協議が必要である。)
- (2) 停電時等において、一部負荷に対する電源供給の信頼性を確保する必要がある場合、非常用発電装置の要否を検討する。
- (3) 停電時等において、設備全体に対する電源供給の信頼性を確保する必要がある場合、2回線(常用-予備)受電を検討する。
- (4) ループ受電は特別に高信頼性を必要とする場合で、電力会社から要請のある場合に検討する。

表 2.3-2 受電方式の決定

受電方式	条件
1回線受電	短時間の停電でも支障がない。
1回線受電+非常用発電装置	短時間の停電でも、小容量の電源があればよい。
常用予備2回線受電	停電は支障があり、電源の信頼度を上げたい。
ループ受電	電力会社の要請がある。

農事用では1回線受電が最も多く適用されてきており、以下にその概要を述べる。

1回線受電方式は最も簡単で経済的であるが、電力会社側の事故又は定期点検等により全停電となることがある。しかし定期点検の場合は半日程度の予告停電であることが多く、施設に与える影響が少ないと判断できる場合には1回線受電方式を採用する。図2.3-1に1回線受電の回路を示す。

ここで、1回線専用受電とは、1つの受電設備（需要家）に対して専用の配電線で供給する方式であり、1回線T分岐とは、1組の配電線で、複数の受電設備（需要家）に分岐して配電する方式である。どちらの方式とするかは電力会社の配電システムの事情によるが、一般的にはT分岐方式が多いが専用受電とすれば信頼性は向上する。

また、農事用電力の受電方式として、農事用（高圧）+保守電源での受電方式もあり、現場状況に応じて検討する。なお、検討に当たっては、各電力会社等と打合せの上で計画する必要がある。

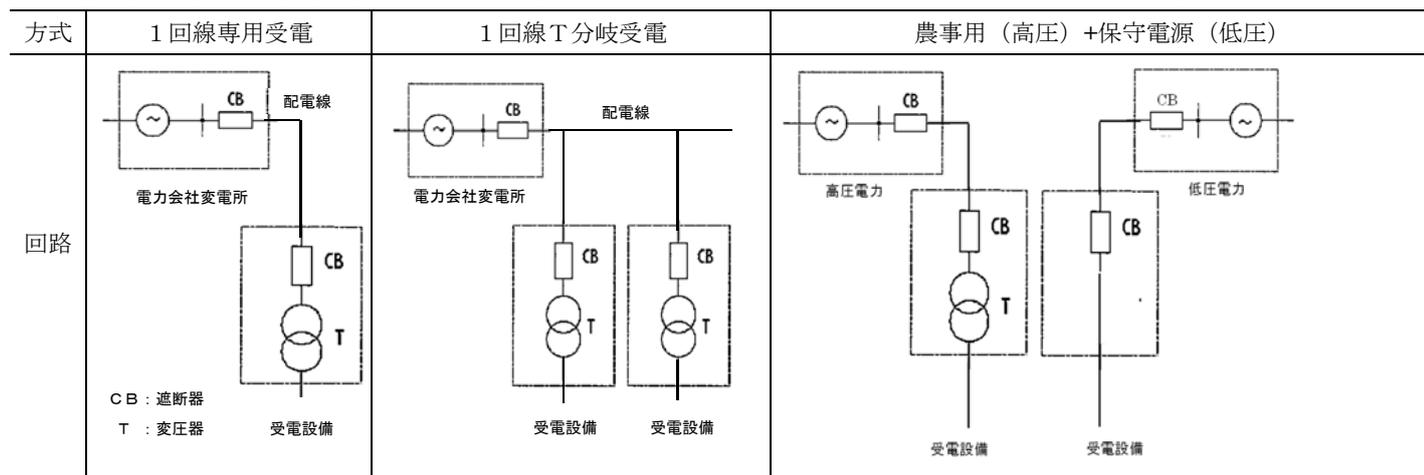


図 2.3-1 1回線受電回路図と高圧+低圧受電回路図

2.3.2 受電地点の遮断容量

受電用遮断器の定格遮断電流を選定する際には、受電点での短絡容量を知る必要がある。

遮断容量は、電力会社の系統の容量で決定され、電力会社から受電点における短絡容量〔MVA〕又は短絡電流〔kA〕の値が提示される。遮断器の選定に当たっては、この短絡電流を上回る定格遮断電流を有するものを適用する。

受電用遮断器の定格遮断電流は、ほとんどの場合、電力会社が12.5〔kA〕を推奨しているため、本指針でも12.5〔kA〕を標準とした。ただし、一部山間部において8〔kA〕でよい場合もある。また、特別高圧受電の主変圧器二次側短絡電流は12.5〔kA〕より大きくなることもあるため、十分な検討が必要である。

2.4 配電方式の決定

2.4.1 電動機電圧の選定

(1) 電圧決定の要因

電動機電圧の決定に際しては次に掲げる項目を考慮する。

(a) 単機容量と製作限界

出力容量によって製作範囲に制限がある。

(b) 配電距離及び電圧降下

高電圧になるに従い電圧降下を小さく抑えることが容易となる。

(c) 配電盤及び工事を含めた設備全体の経済性

小容量機が多い場合は電動機、コントロールセンタとも 200 [V] の方が経済的である。

(d) 系統の遮断電流、通電電流などの技術的検討

中容量(75~150kW 程度)の電動機で、台数が多い場合には、変圧器二次遮断電流が大きくなるため、高圧電動機の採用を検討する。

(e) 安全性

低電圧の方が安全面で有利

(f) スペース

高電圧になるに従い相対的に機器が小型化される。

(g) 予備品・代替品などの調達の容易さ

(2) 電動機定格出力と電圧の関係

一般的な三相誘動電動機の製作可能範囲を図 2.4-1 に示す。電動機電圧は、この図の範囲から選定する。

電動機の電圧の選定に当たっては電動機だけでなく、受変電設備及び電動機の開閉器、始動器、降圧用変圧器、ケーブル、進相コンデンサなどを含めて、それぞれの電圧における経済性、利害得失を総合的に比較検討して決定しなければならない。

経済的な電圧の選定に当たって検討しなければならない事項は、据付面積、メンテナンスの費用、予備品などを含んだ設備のコスト、電源の方式、設備拡張の有無、互換性、使用電動機の種類、効率、力率などの特性、設備の安全性などである。これらのうち最も重要な要素である設備のコストは、電動機の台数、出力によって変化する。

例えば、高圧電動機の場合 3 [kV] 級に比べ 6 [kV] 級は絶縁材料とその処理工程が増え、コスト高になる。しかし 3 [kV] 級では出力が大きくなるほど電流が増加し銅量が多くなるため、6 [kV] 級とコスト的に接近してくる。

一方、3 [kV] 級は、受電電圧 6 [kV] から 3 [kV] への降圧が必要なので変圧器盤や変圧器二次盤が必要となりその分のコストを加算して考慮しなければならない。

また、低圧電動機の場合は小容量機種を中心に 200 [V] 級が圧倒的に多く製作されているが、400 [V] 級にすれば電流が少ない分だけ制御機器（開閉器、配線用遮断器など）やケーブルのコストが低くなるメリットがあるので、特に中容量以上では 400 [V] 級の採用も検討する必要がある。

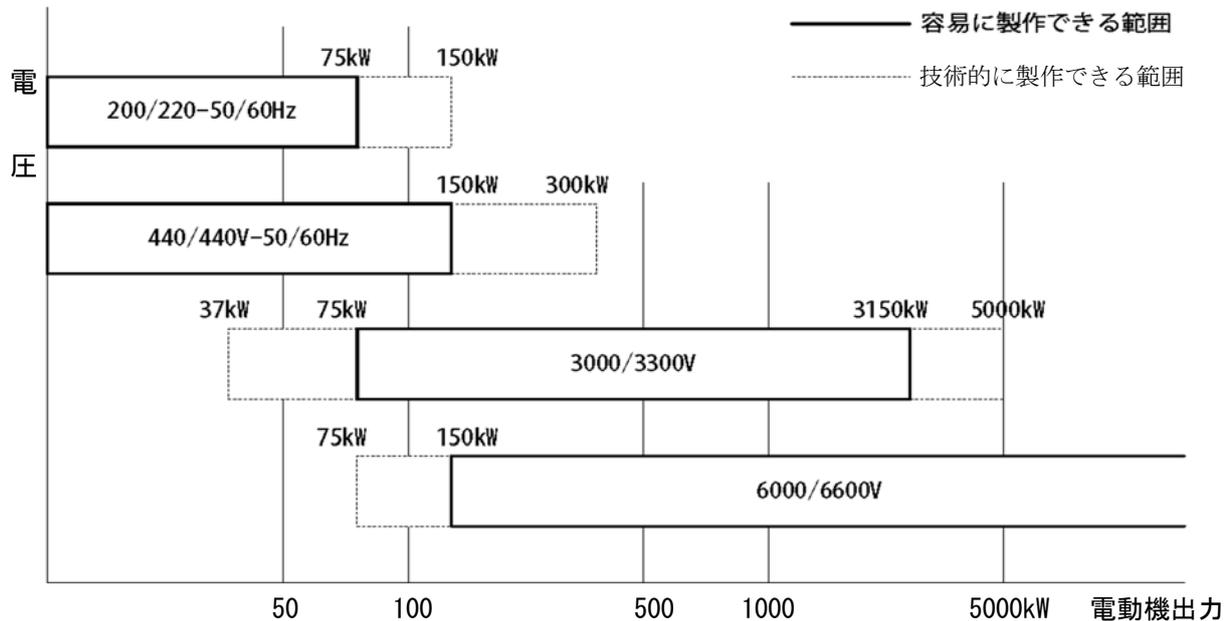


図 2.4-1 三相誘導電動機定格出力と電圧の関係

2.4.2 配電電圧と配電方式

一般的な配電電圧と配電方式の選定フローを図 2.4-2 に示す。配電電圧と配電方式は、設備の契約電力、負荷の内容、使用電圧、幹線区分、電圧降下、非常用発電装置の必要性、更に経済性等を考慮して決定する。

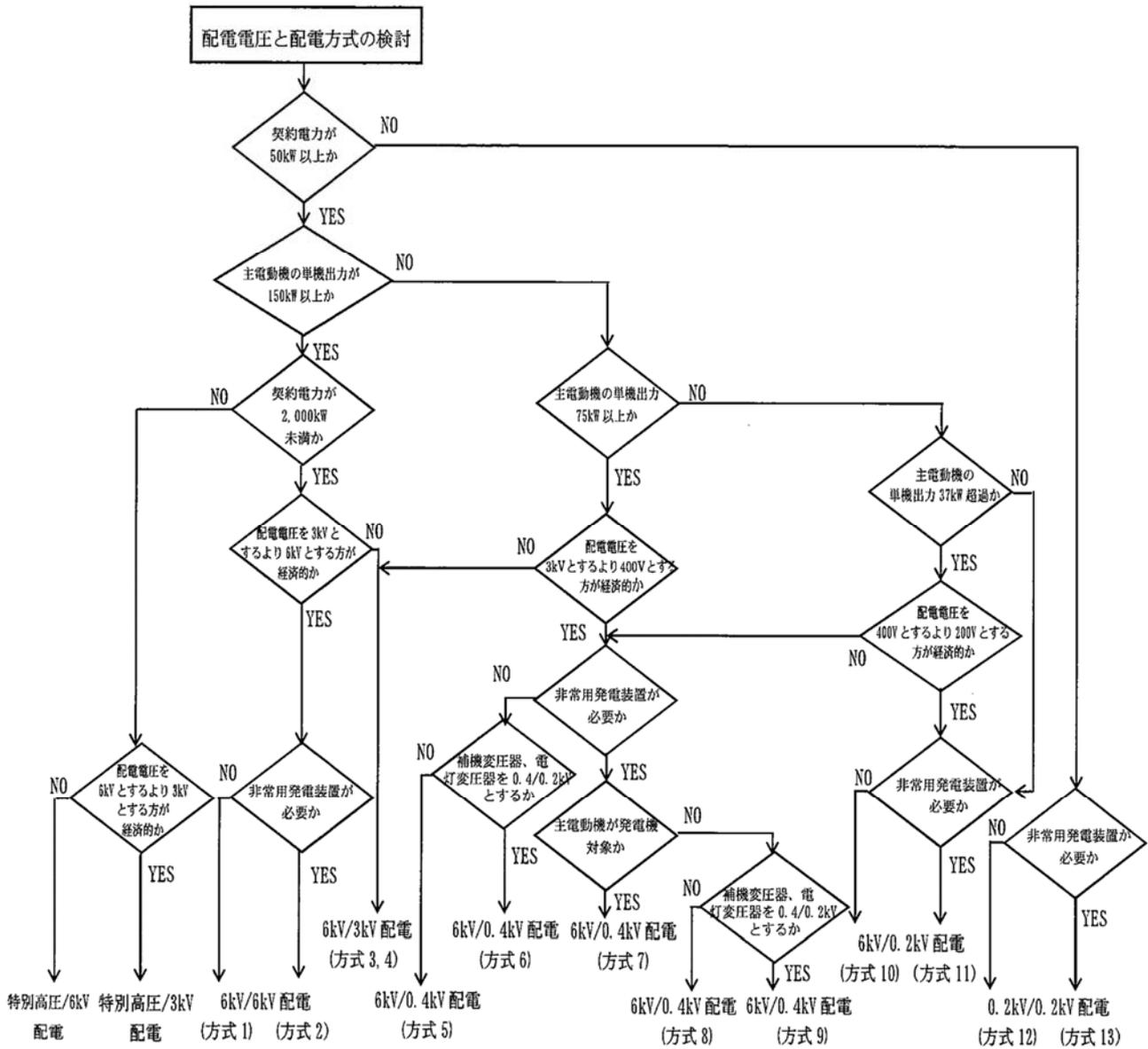
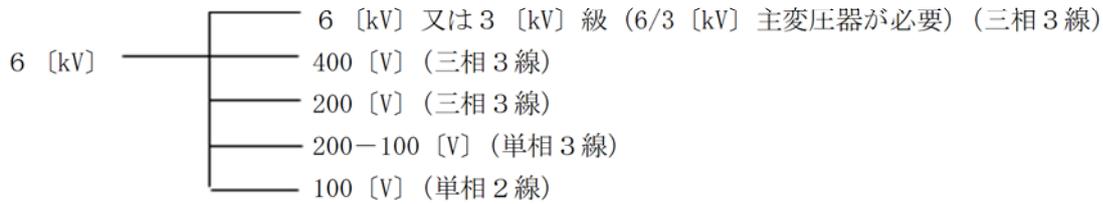
(1) 配電電圧

(a) 高圧受電の場合

① 高圧電動機への給電は定格電圧により 3 [kV] 級と 6 [kV] 級とがあるが、高圧系統の簡素化、開閉装置が 3 [kV] 級と 6 [kV] 級とは共用であること等の点から配電電圧を 6 [kV] とすることが多い。

一方、配電電圧を 3 [kV] とした場合、電動機の価格は 6 [kV] より安価となるが 6/3 [kV] 主変圧器盤や、場合によっては変圧器二次盤も必要となるので経済比較を検討の上、決定する。

[高圧からの配電の例]



注1：(方式1)～(方式13)は図2.4-5を参照すること。

注2：ダム、頭首工設備においてはゲート用電動機を含めたすべての電動機のうち最大のものを基準に選定すること。

注3：特別高圧配電については、電気設備計画設計指針(特別高圧編)を参照すること。

注4：3kV配電において、主変圧器保守時保安電源を必要とする場合(方式3)を選定する。

図2.4-2 配電電圧と配電方式の選定フロー

- ②出力 75～150 [kW] 程度の電動機は、経済性の点から高圧とするよりも 400 [V] とすることが多い。この場合、6 [kV] /400 [V] の動力変圧器が必要となる。
- ③一般低圧動力用としては 200 [V] の電動機が最も多く用いられているので、本指針では補機用電動機の電圧は 200 [V] を標準とする。
- したがって、主電動機電圧が高圧あるいは 400 [V] の場合は、200 [V] に降圧するための補機動力用変圧器を別に設置する。
- この場合、電圧は 6 [kV] /200 [V] 又は 3 [kV] /200 [V] 又は 400/200 [V] のいずれかを経済性を考慮して選定する。
- ④主電動機出力が 45～55 [kW] 程度の施設では電気設備全体の経済比較において、主電動機、電圧 400 [V] のほうがやや有利であるが、主機の台数が 2 台程度であれば、200 [V] とほぼ同等となり、200 [V] とした方が補機動力用変圧器を別に設置する必要がないので設備構成が簡素化される。
- ⑤出力 37 [kW] 以下では主電動機、補機用電動機とも 200 [V] を標準とする。
- ⑥ダムや頭首工などで配電距離が長い場合には、出力 55 [kW] 以下の電動機であっても電圧降下の影響が大きくなる場合もあるため、400 [V] とすることを検討する。
- ⑦照明その他の負荷用として、単相 3 線式照明変圧器を設置する。ほとんどの場合、動力に比べて小容量であるため、主電動機と同じ電源系統から分岐する。この場合、電圧は 6 [kV] /200-100 [V] 又は 3 [kV] /200-100 [V] 又は 400/200-100 [V] のいずれかを、経済性を考慮して選定する。
- ⑧非常用発電装置が設置される場合において、単相負荷の容量が発電機容量の 15 %程度を超える場合には、三相回路から単相電源を得ることができるスコット変圧器を適用する。これにより、二次側単相負荷を 2 等分して分担すれば、一次側三相電力を平衡させることができるので、非常用発電装置の容量を適正負荷に見合った容量に抑えることができる。

(3.2.3 項参照)

(b) 低圧受電の場合

低圧受電は、契約電力が 50 [kW] 未満で、主電動機が 22 [kW] ×2 台程度以下の小規模な設備に適用され、配電電圧は次のようになる。

- ①低圧動力 200 [V] (三相 3 線)
- ②電灯他 200-100/100 [V] (単相 3 線/単相 2 線)

原則として、電灯電源は低圧動力と別に受電する必要がある。

(2) 配電方式

(a) 配電方式と機器定格電圧（配電電圧等）

表 2.4-1 に負荷と配電方式、機器定格電圧（配電電圧等）の関係を示す。

表 2.4-1 負荷と配電方式、配電電圧等の関係

[準拠規格 JIS C 4304(2013) (:配電用 6kV 油入変圧器) JEC0222(2009) (:標準電圧)]

負 荷	電圧階級	配電方式	変圧器 2 次 定格電圧 (V)	機器定格電圧 (V)	線路公称 電圧 (V)
高 圧 動 力	6kV 級	三相 3 線	—	6600 6000	6600
	3kV 級	三相 3 線	3300 3000	3300 3000	3300
低 圧 動 力	400V 級	三相 3 線	440 420	440 400	—
	200V 級	三相 3 線	210	220 200	—
電灯コンセント	100V 級	単相 2 線又は 単相 3 線	210 105	200 100	—

原則として、高圧動力の場合、上段は 60 [Hz]、下段は 50 [Hz] の適用となる。低圧動力の場合、上段は 60 [Hz] のみ、下段は 50、60 [Hz] で適用される。電灯コンセントについては共通である。

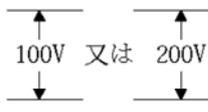
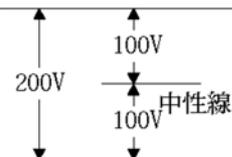
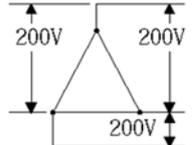
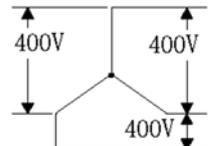
ただし、これらは絶対的なものではないので、弾力的に運用してもよい。

(b) 配電方式・電圧と電線量

一般に電気機器の内部配線以外の機外配線等の電線量は、相数、電圧を上げるほど低減する傾向がある。

表 2.4-2 は、低圧における配電方式・電圧と電線量の関係を示す。特に配電距離が長い場合の配電方式・電圧の選定に当たっては、設備の容量と併せて総合的に検討することが必要である。

表 2.4-2 配電方式・電圧と電線量(銅量)

電気方式		電圧関係	電圧降下に基づく電線量の比較 [%]	許容電力に基づく電線量の比較 [%]	備 考
単 相	2線式		100	100	住宅等小規模の需要家に向く。200Vは一般ビルではあまり使用されず工場の電熱、溶接機等の回路に用いられる。
	3線式		中性線サイズが外側線と同じ場合 37.5	中性線サイズが外側線と同じ場合 53	設備容量の大きな住宅を含め、ほとんどの設備がこの方式を採用。単独100V用幹線としては最も経済的である。
三 相	3線式		100	100	一般に動力線と呼ばれる電気方式で、動力用幹線としてほとんどの設備がこの方式を採用している。
			25	25	ビルなどの大容量幹線方式や比較的大容量の負荷に適用される。

備考 上記表は、同じ電力量を対象とした機外配線量の割合を示す。

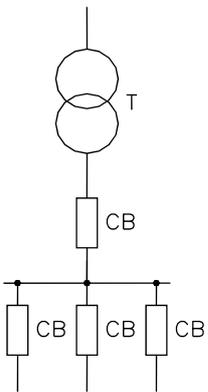
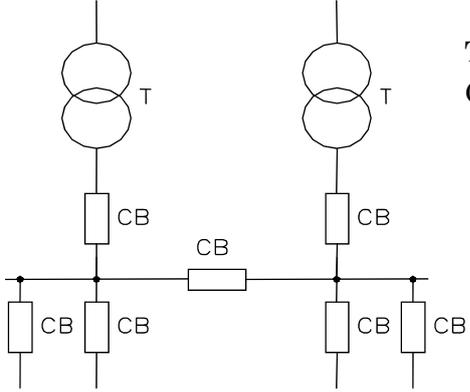
(c) 変圧器のバンク構成及び二次母線方式

同一電圧の負荷に電力を供給するための変圧器を1台とするか2台以上とするか(これをバンク数という)は、信頼性や容量の大小、負荷変動の大きさ、施設の拡張計画の有無、経済性などを検討して決定する。

最近の変圧器は信頼性が向上しており、また、製作上の容量の制約もほとんどないため、本指針では1バンク方式を標準とするが、昼夜又は季節の負荷変動が大きい場合や段階的に拡張する場合など、軽負荷時の変圧器損失が電気料金に大きな影響を与えると予想される場合には、2バンク以上の構成も検討する。

また、二次母線方式は一般に表 2.4-3 のように分類されるが、本指針では、大規模施設を除いて単一母線方式を標準とする。

表 2.4-3 二次母線方式代表例

回路方式	単一母線	母線連絡付単一母線
結線		
備考		母線連絡用開閉器は常時開方式と常時閉方式とがある。

T:変圧器
CB:遮断器

(3) 配電方式と経済性

配電方式による経済比較の例として設備容量が1000 [kVA] 未満で主電動機の電圧が高圧と低圧の区切りとなる出力150 [kW] (かご形) 前後の場合の例を図 2.4-3 及び表 2.4-4 に、1000 [kVA] 以上で主電動機電圧が6 [kV] と3 [kV] の場合の例を図 2.4-4 及び表 2.4-5 に示す。

(a) 設備容量1000 [kVA] 未満の場合の経済比較

主電動機出力150 [kW] の場合の電動機電圧は次の三つの方式が考えられる。

- 方式①：高圧 6 [kV] 方式
- 方式②：高圧 3 [kV] 方式
- 方式③：低圧 400 [V] 方式

表 2.4-4 に示す価格には配線工事費を含まないが、特に方式③は電動機ケーブルがかなり太くなるため、経済比較のみならず施工の容易性も考慮する必要がある。

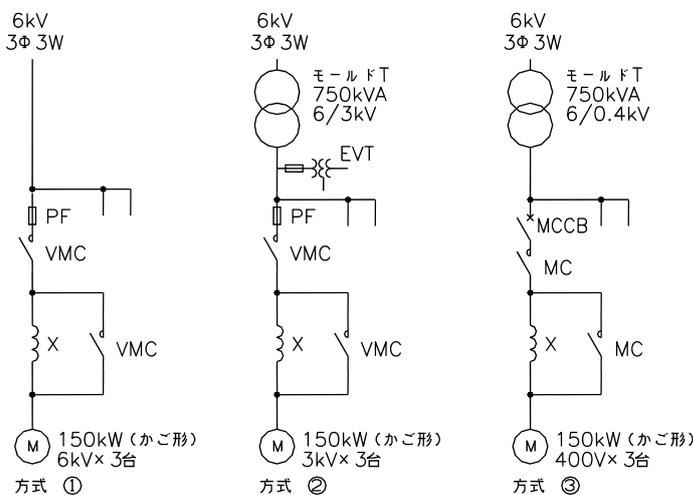


図 2.4-3 経済比較基本図（設備容量 1000 [kVA] 未満の場合）

表 2.4-4 構成及び価格（設備容量 1000 [kVA] 未満の場合）

項目 \ 方式	①	②	③
変圧器	—	○	○
変圧器二次盤	—	○	—
電動機盤×3面 (リアクトル方式)	○	○	○
電動機×3台	○	○	○
価格	①をベース	方式①より高価	方式①より安価

注) 配線工事費は環境・距離の要因により大きく変動するためここでは除外している。

上記は、電動機 150 [kW] × 3 台の設備を想定したものであるが、設備計画においては、始動方式、配線計画、電気室のスペース等の他の要因も考慮し総合的に検討する必要がある。

主変圧器はトップランナー基準(JEM 1501 (2014) (特定機器対応のモールド変圧器における基準エネルギー消費効率))又は高効率変圧器としている。

(b) 設備容量 1000 [kVA] 以上の場合の経済比較

主電動機出力 315 [kW] の例では電動機電圧は高圧となるが次の二つの方式が考えられる。

方式④：高圧 6 [kV] 方式

方式⑤：高圧 3 [kV] 方式

このうち方式⑤は 6/3 [kV] 主変圧器として油入形を選定しているが、維持管理や防火対策の容易さからはモールド形を選定するのが望ましい。したがってこの場合には表 2.4-5 の比較結果は逆転することになるので最近では方式④を適用する例も多い。また、この例では電動機台数が 3 台のケースを比較したが、2 台の場合には両者にほとんど差がなくなるので設備構成が簡素化される方式④のほうが有利になる。

いずれにしても、電動機出力、台数、変圧器の種類によって経済性評価が大きく異なるため、十分な検討が必要である。

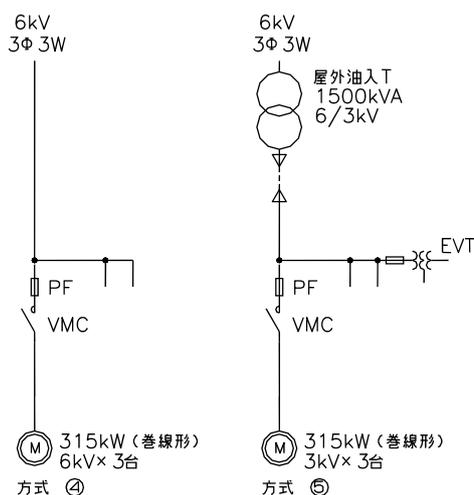


図 2.4-4 経済比較基本図 (設備容量 1000 [kVA] 以上の場合)

表 2.4-5 構成及び価格（設備容量 1000 [kVA] 以上の場合）

項目	方式	④	⑤
変圧器		—	○
変圧器二次盤		—	○
電動機盤×3面 (二次抵抗方式)		○	○
電動機×3台		○	○
価格		方式⑤より高価	方式④より安価

注) 配線工事費は環境・距離の要因により大きく変動するためここでは除外している。

上記は、電動機 315 [kW] × 3 台の設備を想定したものであるが、設備計画においては、始動方式、配線計画、電気室のスペース等の他の要因も考慮し総合的に検討する必要がある。

主変圧器は高効率変圧器としている。

(4) 標準配電方式

一般的な配電方式選定上の留意事項は以上のとおりであるが、農事用においてはこれまでの実績から配電方式を表 2.4-6、図 2.4-5 のように整理した。

実際の設計に当たっては、図 2.4-5 の配電方式から経済性を加味して選定することを基本とする。

なお、排水機場においては主ポンプがディーゼル機関駆動方式だけの場合や電動機駆動方式との組合せ構成となる施設もある。高圧受電の施設でディーゼル機関駆動方式の主ポンプを有する場合は(方式 8) 又は(方式 13) を基本パターンとして選定する。

表 2.4-6 各種配電方式図

方式 番号	概要・特徴					主な用途
	受電	主電動機	補機電動機	照明他	非常用発電装置	
1	6kV 3φ 3W	6kV 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	無	用水機場
2	6kV 3φ 3W	6kV 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	200V 3φ 3W	排水機場
3	6kV 3φ 3W	3kV 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	無	用水機場
4	6kV 3φ 3W	3kV 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	無	用水機場
5	6kV 3φ 3W	400V 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	無	用水機場
6	6kV 3φ 3W	400V 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	無	用水機場
7	6kV 3φ 3W	400V 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	400V 3φ 3W	ダム・頭首工
8	6kV 3φ 3W	400V 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	200V 3φ 3W	排水機場
9	6kV 3φ 3W	400V 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	200V 3φ 3W	排水機場
10	6kV 3φ 3W	200V 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	無	用水機場
11	6kV 3φ 3W	200V 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	200V 3φ 3W	排水機場
12	200V 3φ 3W	200V 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	無	用水機場
13	200V 3φ 3W	200V 3φ 3W	200V 3φ 3W	200-100V 1φ 3W	200V 3φ 3W	排水機場

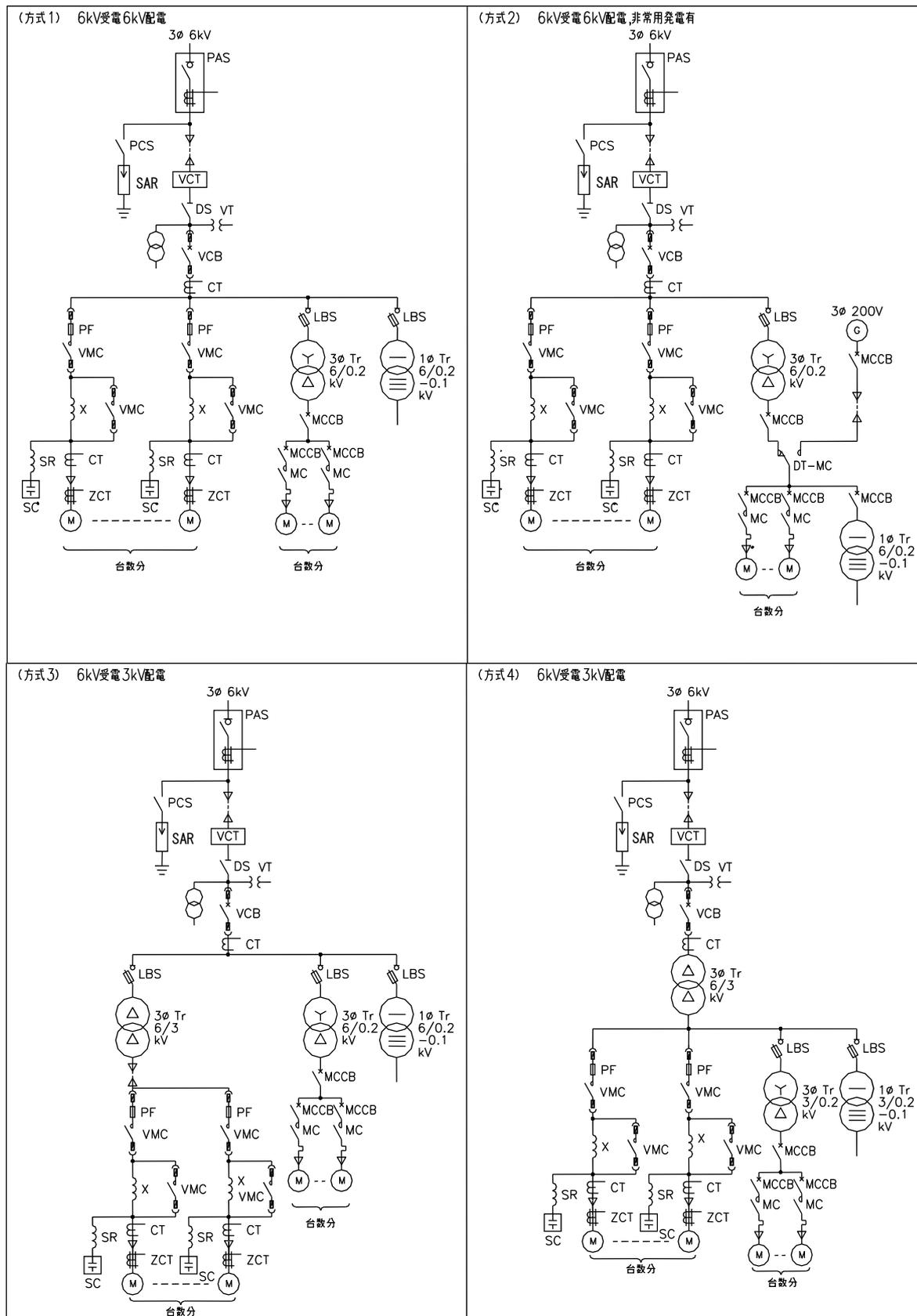


図 2.4-5 各種配電方式 (その1)

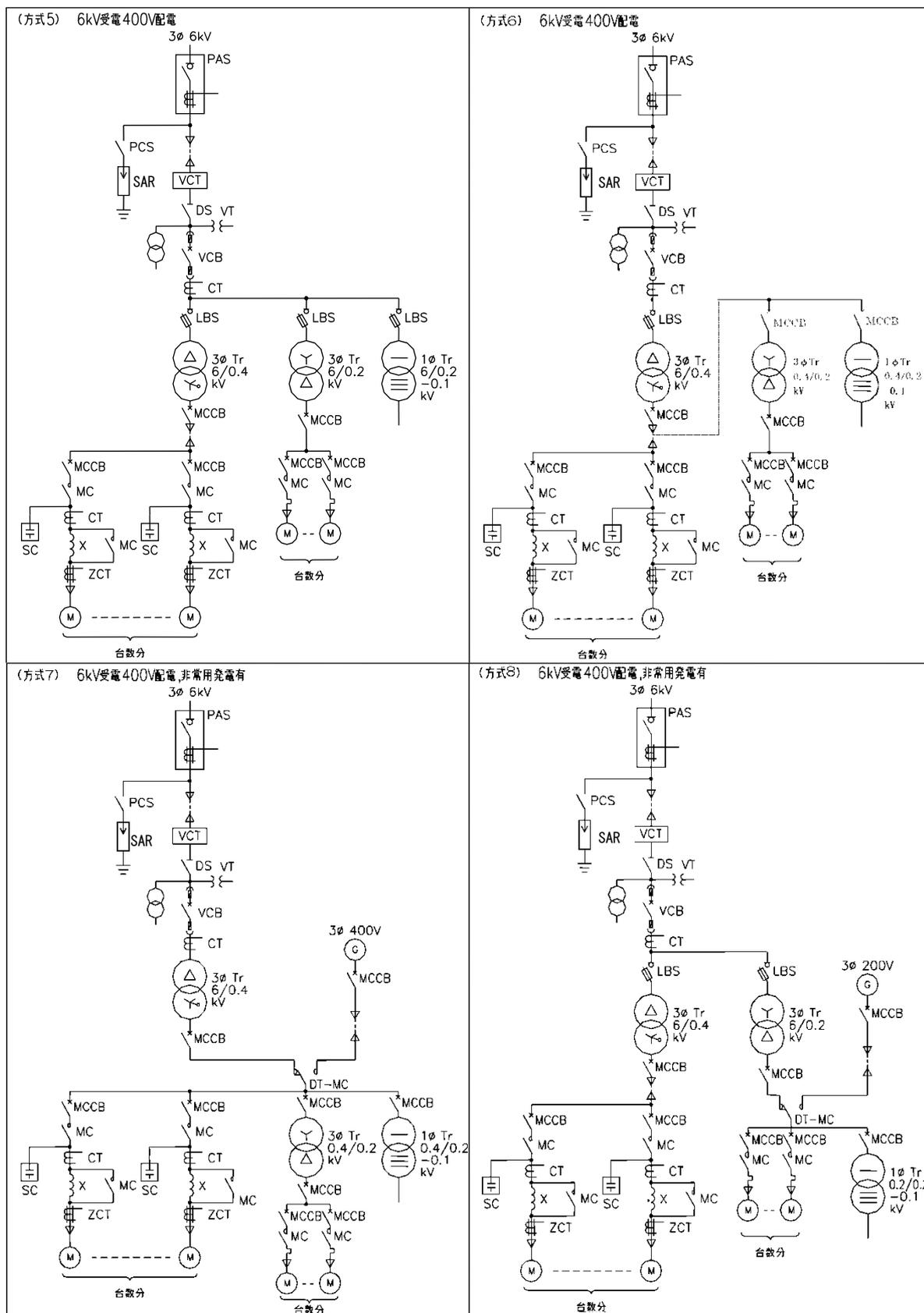


図 2.4-5 各種配電方式 (その2)

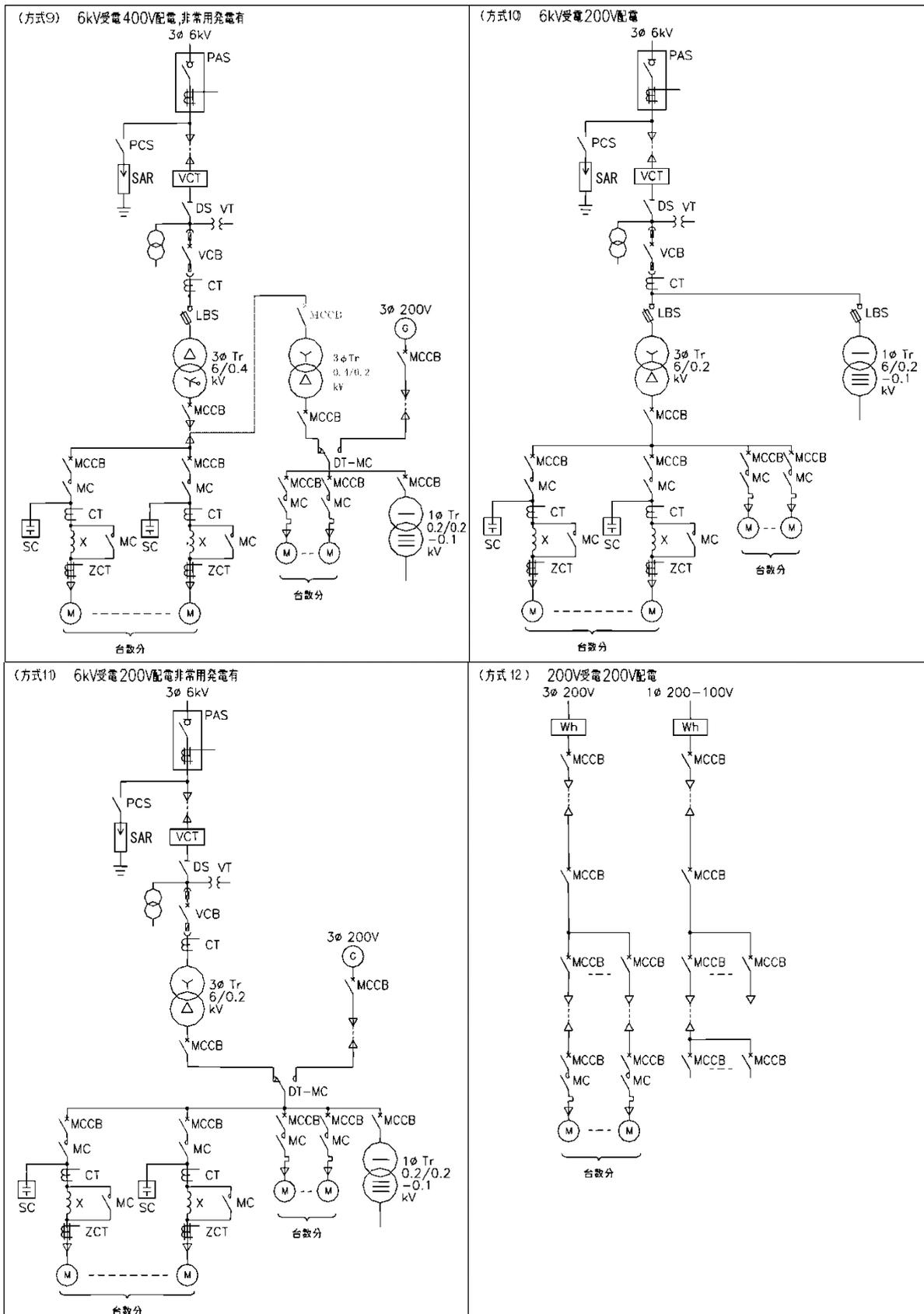


図 2.4-5 各種配電方式 (その3)

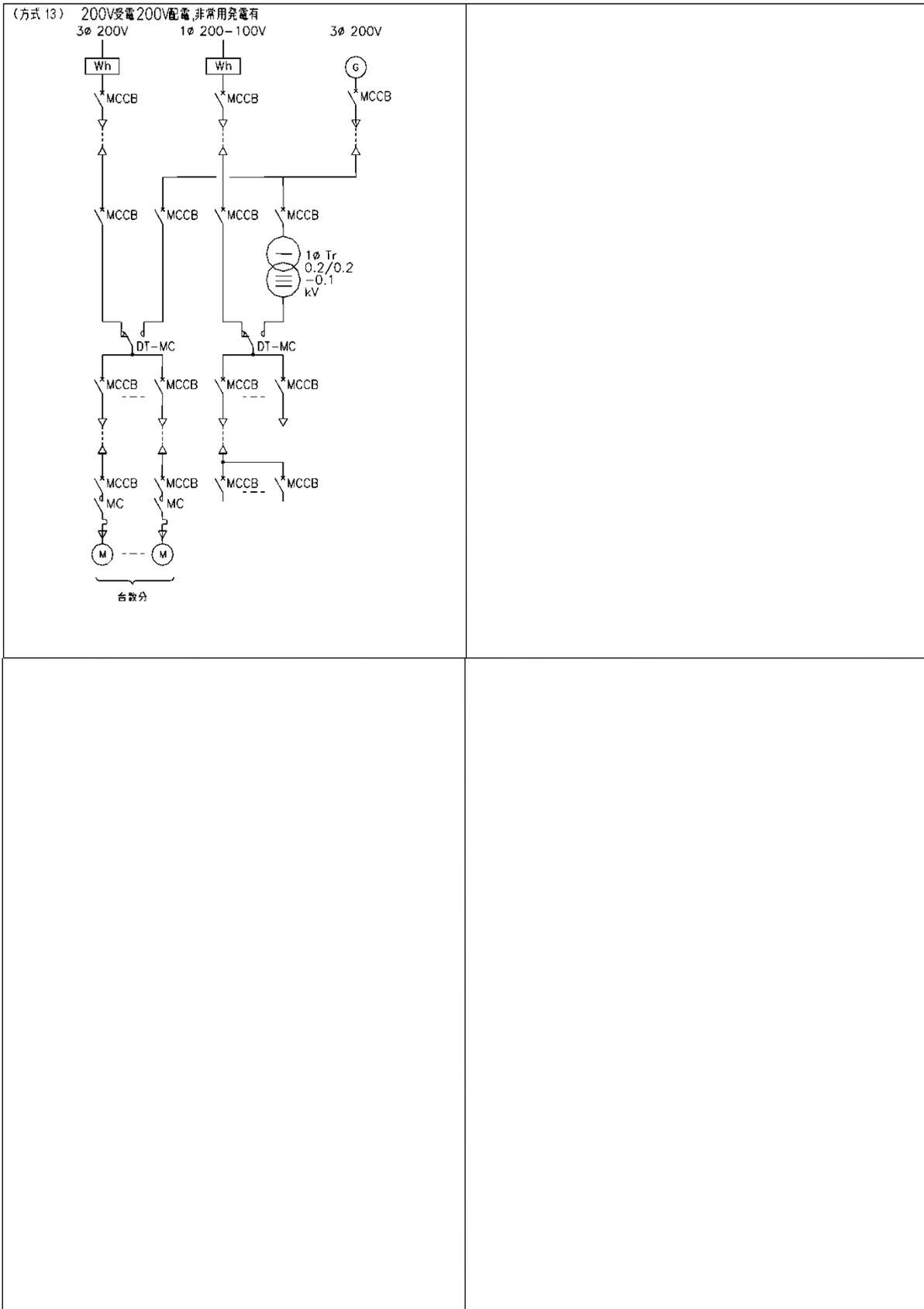


図 2.4-5 各種配電方式 (その4)

2.5 力率改善

2.5.1 力率改善の目的と電気料金の割引制度

(1) 目的

(a) 電力損失の低減

力率を改善すると線路を流れる電流が減少するので、線路損失が軽減されるとともに、変圧器の損失（銅損）も減少する。これにより線路損失、変圧器の容量が減少するため、設備容量に対して経済性を図ることができる。

(b) 電圧低下の改善

線路を流れる電流が減少することにより、線路における電圧低下も小さくなり、これにより安定的な電力供給ができる。

(c) 電気料金の割引

電力損失の低減、電圧低下の改善は需要家にとどまらず、特に広大な配電設備を持つ電力会社にとってもメリットが大きくなり、電力会社としても力率が改善された分について電気料金の割引を行うこととしている。

(2) 電気料金の割引制度

各電力会社の料金体系では次のように受電力率による基本料金の割引、割増し制度があるため、設備の設計に当たっては特別な事情がない限りコンデンサ設備の設置による力率改善を行うものとする。

・ 低圧電力

電気機器の力率をそれぞれの入力によって加重平均して得た力率が 85 [%] を上回る場合は基本料金を 5 [%] 割引、85 [%] を下回る場合は 5 [%] 割増し。

・ 高圧電力(A), (B)

力率が 85 [%] を上回る 1 [%] につき基本料金を 1 [%] 割引、下回る場合 1 [%] 割増し。

・ 農事用電力

低圧電力又は高圧電力に準ずるものとする。

(3) 力率の決定方法（例 東京電力の場合）

(a) 低圧電力

個々の電気機器に対し表 2.5-5 低圧電動機の進相コンデンサ取付容量基準表に基づき、進相コンデンサが取付けてあるものは 90 [%]、取り付けていないものは 80 [%]、電熱器については 100 [%] とし、式 2.5-1 にて加重平均により力率を求める。

$$\text{加重平均力率} [\%] = \frac{100 [\%] \times (\text{電熱器総容量}) + 90 [\%] \times (\text{力率} 90 [\%] \text{ の機器総容量}) + 80 [\%] \times (\text{力率} 80 [\%] \text{ の機器総容量})}{\text{機器総容量}} \quad \dots\text{式} 2.5-1$$

(b) 高圧電力(A), (B)

電力会社にて有効電力量と無効電力量を受電点にて計測し、その1ヶ月のうち毎日午前8時から午後10時までの時間における平均力率を式2.5-2により求める。

$$\text{平均力率} = \frac{\text{有効電力量}}{\sqrt{(\text{有効電力量})^2 + (\text{無効電力量})^2}} \quad \dots\text{式} 2.5-2$$

(c) 農事用電力

農事用電力の力率は表2.5-1により決定する。

表 2.5-1 農事用電力の力率の決定方法

契約電力 (契約電力種別)	内 容
50 [kW] 未満 (低圧電力)	加重平均力率にて決定 (3) (a) 低圧電力を参照
50 [kW] 以上 500 [kW] 未満 (高圧電力 A)	負荷が最大と認められる時間の力率を基準として 電力会社と協議して決定
500 [kW] 以上 (高圧電力 B)	平均力率(式2.5-2)にて決定

注) 高圧電力については、電力会社により契約種別名が異なる。

2.5.2 高圧受電の場合の力率改善

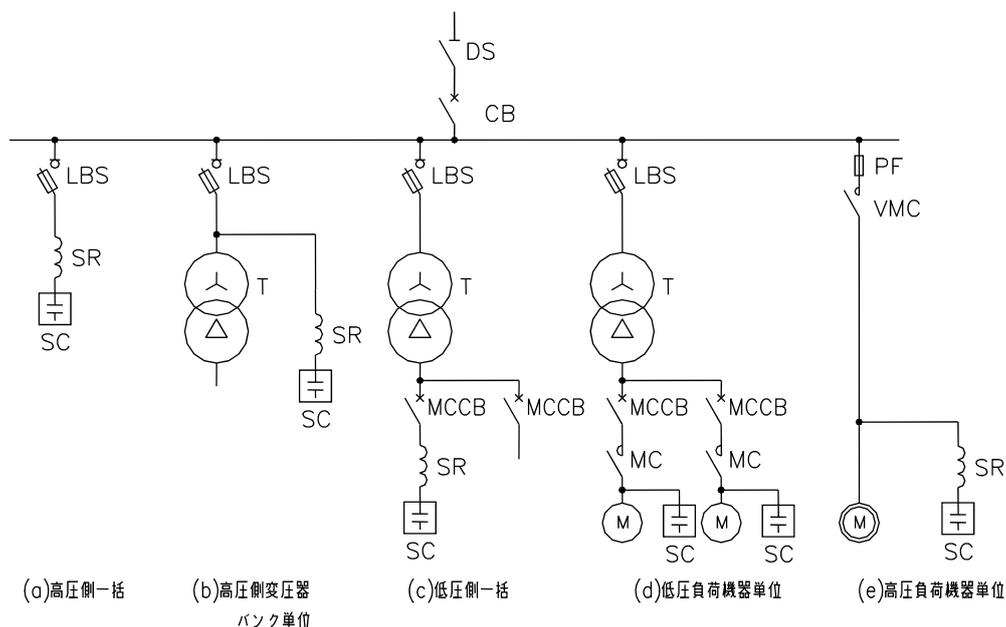
電気設備の負荷は、白熱電灯や電熱器のように、純抵抗に近い負荷（力率≒100 [%]）のほか、誘導電動機などの誘導負荷（力率≒50～80 [%]）が数多くあり、受電設備全体としては、力率が70～80 [%]程度となる。力率を改善する方法としては進相コンデンサを設置し、進み電流を供給し無効電流を低減させる。

高圧受電設備において進相コンデンサを設置する場合、その設置場所として図 2.5-1 に示すような方式がある。

進相コンデンサは本来力率を改善しなければならない負荷の近くに設置することが望ましいが（この場合、その効果が最大限に発揮される）、この方法はコンデンサを多数分散配置することになり、経済性が悪くなり、設置スペースあるいはメンテナンスなどが増加する等の問題がある。

したがって次のようにするのが一般的である。

- (a) 主電動機の力率改善は、電動機と並列に進相コンデンサを設置する。
- (b) 低圧補機の連続運転（バルブ、ゲート類は除く）負荷は、電動機と並列に進相コンデンサを設置する。
- (c) 変圧器の励磁補償や補機等の無効電力を補償する場合は、更に母線に進相コンデンサを一括設置する。



注) 高圧コンデンサは、メンテナンス、コンデンサ保護のために負荷開閉器を設ける。

図 2.5-1 進相コンデンサ施設方法例

(1) 電動機の力率改善

誘導電動機は、元来、負荷の軽い時ほど力率が悪く、全負荷に近づくと力率が良くなる。これは、電動機の有効電力が変化するにもかかわらず、無効電力がほぼ一定であるという誘導電動機の特性に起因するもので、この無効電力を打ち消すような容量の進相コンデンサを取り付ければ、力率は負荷の状態に関係なく常に 95 [%] ~100 [%] 近くに保つことができる。

図 2.5-2 はその一例を示す。したがって挿入すべき進相コンデンサの容量は、無負荷励磁に相当する無効電力分の進相容量から決めればよい。

計算方法は式 2.5-5 となる。

電動機直結の場合は進相コンデンサの容量を大きく取り過ぎると（励磁電流相当分以上）自己励磁現象を起し、電動機の端子電圧が定格以上に上る場合があるため、式 2.5-3 以下の容量とし無負荷電流が不明時は、電動機容量の 1/3 程度以下が望ましい。

$$P_c \leq \sqrt{3} \times V \times I_0 \times 10^{-3} \dots\dots \text{式 2.5-3}$$

P_c : コンデンサ設備容量 [kvar]

V : 定格電圧 [V]

I_0 : 無負荷電流 [A]

図 2.5-3 は、高圧誘導電動機の全負荷力率を 95 [%] に改善する場合の進相コンデンサ容量を示す。

また、簡易方法として表 2.5-3 と式 2.5-5 の取り扱いによって進相コンデンサの容量を決めても良い。

コンデンサ定格容量は次式により算出する。

$$\text{定格容量 [kvar]} = \frac{\text{定格設備容量 [kvar]}}{1 - \frac{L}{100}}$$

L : コンデンサに組み合わせて使用する直列リアクトルの%リアクタンス

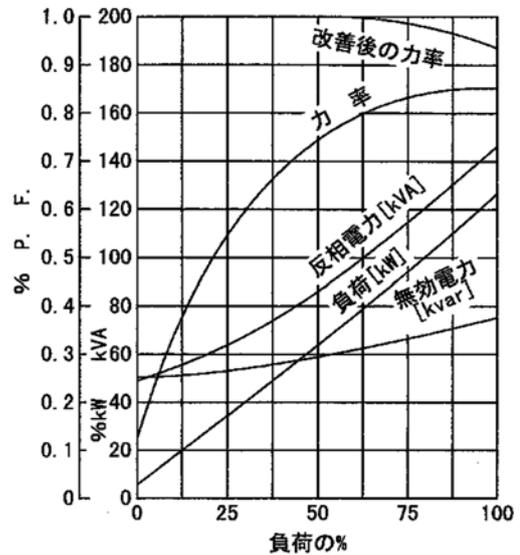


図 2.5-2 誘導電動機の特性と力率改善効果の一例

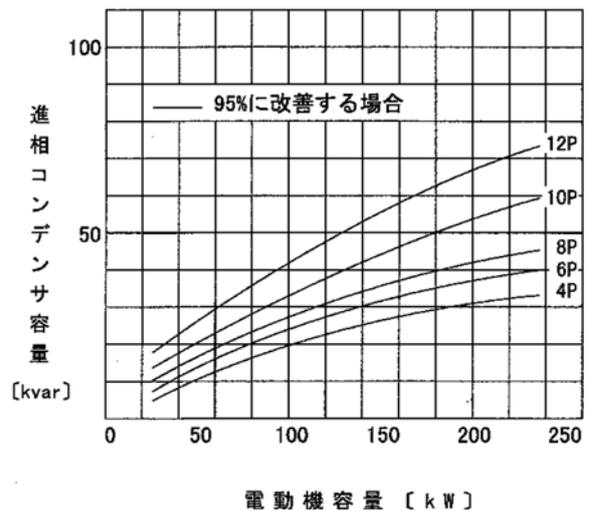


図 2.5-3 高圧三相誘導電動機に対する進相コンデンサ取付容量

(例) 電動機出力容量 100 [kW]

電動機効率 0.90

電動機力率 0.86

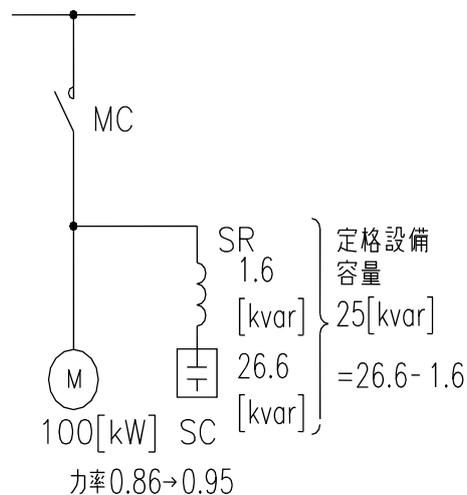
目標力率 0.95

表 2.5-3 より $\alpha=0.264$

$100 \text{ [kW]} / 0.9 \times 0.264 = 29.3 \text{ [kvar]}$

進相コンデンサ定格設備容量は、25 [kvar]

の次は 30 [kvar] であるが、過大容量では自己励磁現象の発生の可能性もあるため 25 [kvar] を選定する。



進相コンデンサの容量算出

負荷力率を $\cos \theta_0$ から $\cos \theta_1$ まで改善するのに要する進相コンデンサの容量は、図 2.5-4 から分かるように、式 2.5-4 で求められる。

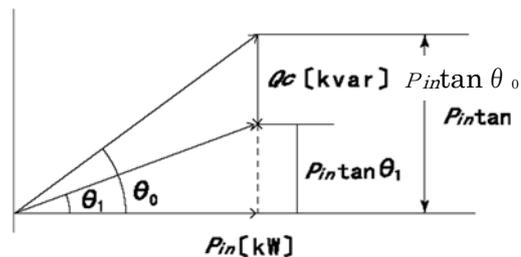


図 2.5-4 進相コンデンサの容量算出法

$$Q_c = P_{in} (\tan \theta_0 - \tan \theta_1)$$

$$= P_{in} \left[\sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta_0} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta_1} - 1} \right] \dots \dots \text{式 2.5-4}$$

Q_c : 進相コンデンサ容量 [kvar]

θ_0 : 改善前力率

P_{in} : 負荷入力容量 [kW]

θ_1 : 改善目標力率

P_o : 負荷出力容量 [kW]

η : 負荷効率

ただし、 $P_{in} = P_o / \eta$

力率の改善目標は電動機に個別に設置の場合のコンデンサ容量は 95% とし母線一括に設置の場合のコンデンサ容量は 98 %とする。また、このコンデンサの直近下位のコンデンサ標準容量とする。これは電力料金の低減と進相コンデンサの償却費が見合う値であり、最大負荷に対して力率を 100%とすると、軽負荷時には進み力率となり、自己励磁現象等により受電電圧の上昇などの不都合を生じるのである。

表 2.5-2 コンデンサ力率によるコスト比較

条件	負荷容量 200 [kVA]	改善前力率 0.8
目標力率	0.95	1
コンデンサ定格設備容量	100 [kvar]	150 [kvar]
コスト比較	100	130

表 2.5-3 に所要コンデンサ定格設備容量 [kvar] の有効電力 [kW] に対する割合を示す。

この表によれば、その都度計算を行うことなく

$$Q_c = P_{in} \times \alpha \dots\dots\dots \text{式 2.5-5}$$

として求められる。

(例) 負荷入力容量 150 [kW]
 改善前の力率 0.85
 目標とする力率 0.95
 表 2.5-3 より $\alpha = 0.291$ であるから
 $150[\text{kW}] \times 0.291 \approx 44[\text{kvar}]$ となる。

したがって所要進相コンデンサ定格設備容量は 50 [kvar]を選定する。
 また、進相コンデンサに 50 [kvar]を挿入した改善後の力率は、式 2.5-4
 を変形して

$$\cos \theta_1 = \sqrt{\frac{1}{\left\{ \sqrt{\frac{1}{(\cos \theta_0)^2} - 1} - \frac{Q_c}{P_{in}} \right\}^2 + 1}}$$

=0.961

となる。
 θ_1 : 改善後力率
 θ_0 : 改善前力率
 Q_c : 進相コンデンサ定格設備容量 [kvar]
 P_{in} : 負荷入力容量 [kW]

表2.5-3 所要コンデンサ容量 [kvar] の有効電力 [kW] に対する割合 (α)

改善前 力率 ($\cos \theta_o$)	改善後の力率 ($\cos \theta_1$)																				
	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
0.50	0.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.589	1.732
0.51	0.937	0.962	0.989	1.015	1.041	1.067	1.094	1.120	1.147	1.175	1.203	1.231	1.261	1.292	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1.687
0.52	0.893	0.919	0.945	0.971	0.997	1.023	1.050	1.076	1.103	1.131	1.159	1.187	1.217	1.248	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643
0.53	0.850	0.876	0.902	0.928	0.954	0.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.270	1.308	1.349	1.397	1.457	1.600
0.54	0.809	0.835	0.861	0.887	0.913	0.939	0.966	0.992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.133	1.164	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1.559
0.55	0.769	0.795	0.821	0.847	0.873	0.899	0.926	0.952	0.979	1.007	1.033	1.063	1.093	1.124	1.156	1.190	1.227	1.268	1.316	1.376	1.519
0.56	0.730	0.756	0.782	0.808	0.834	0.860	0.887	0.913	0.940	0.968	0.996	1.024	1.054	1.085	1.117	1.151	1.188	1.229	1.277	1.337	1.480
0.57	0.692	0.718	0.744	0.770	0.796	0.822	0.849	0.875	0.902	0.928	0.958	0.985	1.014	1.047	1.079	1.113	1.150	1.191	1.239	1.299	1.442
0.58	0.655	0.681	0.707	0.733	0.759	0.785	0.812	0.838	0.865	0.893	0.921	0.949	0.979	1.010	1.042	1.076	1.113	1.154	1.202	1.262	1.405
0.59	0.619	0.645	0.671	0.697	0.723	0.749	0.776	0.802	0.829	0.857	0.885	0.913	0.943	0.974	1.006	1.040	1.077	1.118	1.166	1.225	1.369
0.60	0.583	0.609	0.635	0.661	0.687	0.713	0.740	0.766	0.793	0.821	0.849	0.877	0.907	0.938	0.970	1.004	1.041	1.082	1.130	1.190	1.333
0.61	0.549	0.575	0.601	0.627	0.653	0.679	0.706	0.732	0.759	0.787	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.156	1.299
0.62	0.516	0.542	0.568	0.594	0.620	0.646	0.673	0.699	0.726	0.754	0.782	0.810	0.840	0.871	0.903	0.937	0.974	1.015	1.063	1.123	1.266
0.63	0.483	0.509	0.535	0.561	0.587	0.613	0.640	0.666	0.693	0.721	0.749	0.777	0.807	0.838	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233
0.64	0.451	0.474	0.503	0.529	0.555	0.581	0.608	0.634	0.661	0.689	0.717	0.745	0.775	0.806	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.058	1.201
0.65	0.419	0.445	0.471	0.497	0.523	0.549	0.576	0.602	0.629	0.657	0.685	0.713	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.918	0.966	1.025	1.169
0.66	0.388	0.414	0.440	0.466	0.492	0.518	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654	0.682	0.712	0.743	0.775	0.809	0.846	0.887	0.935	0.995	1.138
0.67	0.358	0.384	0.410	0.436	0.462	0.488	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.965	1.108
0.68	0.328	0.354	0.380	0.406	0.432	0.458	0.485	0.511	0.538	0.566	0.594	0.622	0.652	0.683	0.715	0.749	0.786	0.827	0.875	0.935	1.078
0.69	0.299	0.325	0.350	0.377	0.403	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.906	1.049
0.70	0.270	0.296	0.322	0.348	0.374	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.564	0.594	0.625	0.657	0.691	0.728	0.769	0.817	0.877	1.020
0.71	0.242	0.269	0.294	0.320	0.346	0.372	0.399	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992
0.72	0.214	0.240	0.266	0.292	0.318	0.344	0.371	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.73	0.186	0.212	0.238	0.264	0.290	0.316	0.343	0.369	0.396	0.424	0.452	0.480	0.510	0.541	0.573	0.607	0.644	0.685	0.733	0.793	0.936
0.74	0.159	0.185	0.211	0.237	0.263	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.75	0.132	0.158	0.184	0.210	0.236	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882
0.76	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.399	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.604	0.652	0.712	0.855
0.77	0.079	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.236	0.262	0.289	0.317	0.345	0.373	0.403	0.434	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.685	0.829
0.78	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.182	0.209	0.235	0.262	0.290	0.318	0.346	0.376	0.407	0.439	0.473	0.510	0.551	0.599	0.653	0.802
0.79	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.633	0.776
0.80	0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.609	0.750
0.81		0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724
0.82			0.000	0.026	0.052	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.555	0.698
0.83				0.000	0.026	0.052	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.529	0.672
0.84					0.000	0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646
0.85						0.000	0.026	0.053	0.080	0.108	0.136	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620
0.86							0.000	0.026	0.053	0.081	0.109	0.137	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.342	0.390	0.450	0.593
0.87								0.000	0.027	0.055	0.083	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567
0.88									0.000	0.000	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540
0.89										0.000	0.028	0.058	0.086	0.117	0.149	0.183	0.220	0.261	0.309	0.369	0.512
0.90											0.000	0.028	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.233	0.281	0.341	0.484
0.91												0.000	0.030	0.061	0.093	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.456
0.92													0.000	0.031	0.063	0.097	0.134	0.175	0.223	0.283	0.426
0.93														0.000	0.032	0.066	0.103	0.144	0.192	0.252	0.395
0.94															0.000	0.034	0.071	0.112	0.160	0.220	0.363
0.95																0.000	0.037	0.079	0.126	0.185	0.329
0.96																	0.000	0.041	0.089	0.149	0.292
0.97																		0.000	0.048	0.108	0.251
0.98																			0.000	0.060	0.203
0.99																				0.000	0.143
																					0.000

(2) 変圧器無効励磁分の力率改善

変圧器は、励磁容量(磁束を発生させるために必要な容量)として定格容量の数%程度の遅れ無効電力を必要とする。この遅れ無効電力を補償するために必要な進相コンデンサ容量は式 2.5-6 で求める。

$$Q_{CT} = P_T \times \beta \quad \dots\dots\dots \text{式 2.5-6}$$

Q_{CT} : 変圧器励磁分改善進相コンデンサ設備容量 [kvar]

P_T : 変圧器定格容量 [kVA]

β : 励磁分容量比 (変圧器の無負荷電流 (%))

変圧器専用に接続する進相コンデンサ (図 2.5-1 の(b)の場合) は、電動機等の負荷がほとんど運転しない設備に適用し容量は、式 2.5-6 で求めた容量とする。また、変圧器の無負荷励磁電流値は第7章の参考資料を参照する。

(3) 高圧母線での力率改善

高圧母線で総合的に負荷の力率改善を行う場合母線に接続する進相コンデンサは図 2.5-1 の(a)に示すように設置進相コンデンサ容量は負荷の無効電力分と変圧器の励磁分の値を加えた容量とする。

(4) 直列リアクトルの設置

進相コンデンサを回路に投入した場合コンデンサに高調波が流入し高調波電流により回路電圧波形のひずみを増幅させるためこれを低減させるためコンデンサと直列にリアクトルを挿入する。次数としては第3、第5、第7、第11高調波などであり、三相交流配電で最も含有量の多い第5高調波の対策を行う。また、高圧回路ではすべてリアクトルを挿入する。(JEAC8001(2016) 3805節)

低圧進相コンデンサを各負荷に供用して取り付ける場合は、直列リアクトルを挿入する。(JEAC8001 (2016) 3335節)

第5高調波に共振するリアクタンスは、式 2.5-7 で表わされる。

$$5\omega L = \frac{1}{5\omega C} \quad \omega = 2\pi f$$

$$\omega L = \frac{1}{25\omega C} = 0.04X_c \quad \dots\dots\dots \text{式 2.5-7}$$

f : 周波数

X_c : コンデンサの基本波リアクタンス

したがって、第5次の高調波に対して共振せず、かつ、誘導性とするために直列リアクトル容量をL=6 [%] とする。

直列リアクトル許容電流種別は、基本的に特別高圧受電設備はⅠ種、高圧配電系統及び低圧で使用するリアクトルはⅡ種とし、表 2.5.4 にⅠ種・Ⅱ種の詳細を示す。しかし、電源系統に第3高調波の影響が無視できない場合や第5高調波電圧のひずみが大きい場合には、コンデンサ定格容量の6 [%] にて第5高調波含有率70 [%] まで許容できる直列リアクトル、又は13 [%] の直列リアクトルが用いられる。

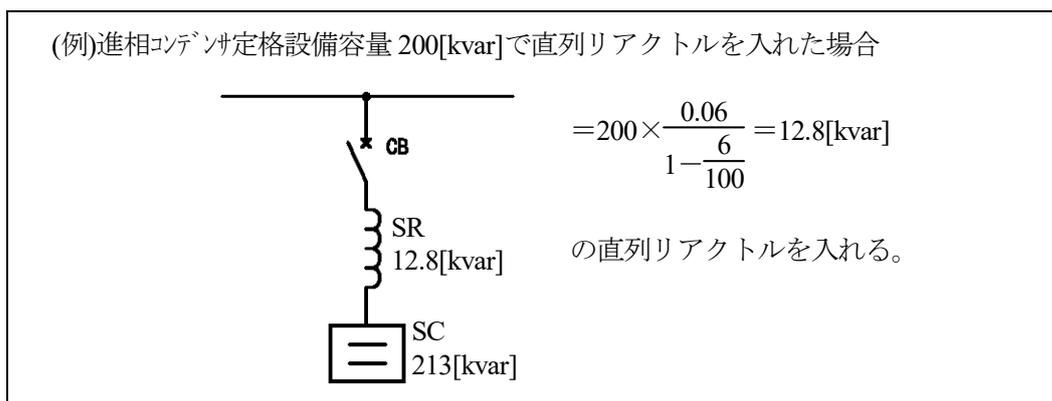


表 2.5-4 最大許容電流

JIS C 4902(2010) (高圧及び特別高圧進相コンデンサ及び付属装置)

許容電流種別	最大許容電流 (定格電流比(%))	第5調波含有率 (基本波電流比 (%))
Ⅰ	120	35
Ⅱ	130	55

注) 高圧受電設備における低圧で使用するリアクトルは本規格に準用され、Ⅱが一般的に採用されている。(JIS C 4902 附属書 1 の 1.備考1)

2.5.3 低圧受電の場合の力率改善

低圧受電における進相コンデンサに関しては、内線規程〔J E A C 8001(2016)3335 節〕に詳細に規定されており、すべての負荷に対して進相コンデンサを設ける。

低圧進相コンデンサを個々の負荷に取付ける場合の施設

1. 低圧進相コンデンサを個々の負荷に取付ける場合には、次による。

①コンデンサの容量は、負荷の無効分より大きくしないこと。

〔注〕低圧進相コンデンサ取付容量基準については、表 2.5-5 参照のこと。

②コンデンサは、手元開閉器又はこれに相当するものよりも負荷側に取付けること。

〔注〕電流計のある場合は、電流計の電源側より分岐するのを原則とする。

③本線から分岐し、コンデンサに至る電路には、開閉器などを施設しないこと。

2. 低圧進相コンデンサには、残留電荷を短時間に放電する放電抵抗器付コンデンサを使用する。

やむを得ず 2 台以上の電動機に進相コンデンサを取付ける場合の進相コンデンサ容量は、各電動機の定格出力に対応する進相コンデンサの容量の合計値とする。

表 2.5-5 低圧電動機の進相コンデンサ取付容量基準表

200V、400V 取付容量は JEAC8001(2016)付録より記載

電動機 定格出力 (200V)		馬力表示の もの	1/4	1/2	1	2	3	5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	75			
		kW 表示の もの	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55			
コンデ ンサ取 付容量 【μF】	2極	50Hz	—	—	30	40	50	75	100	150	200	250	300	300	500	600	750	1000			
		60Hz	—	—	20	30	40	50	75	100	150	150	200	250	300	400	400	600			
	4極	50Hz	—	—	40	75	100	150	200	250	300	400	500	800	900	1200	1400	1400			
		60Hz	—	—	30	40	50	75	100	150	200	250	300	400	500	700	800	900			
	6極	50Hz	—	—	50	100	100	150	300	300	500	500	700	800	1200	1300	1500	1900			
		60Hz	—	—	30	50	75	100	150	200	300	300	400	400	500	750	900	1100			
電動機 定格出力 (400V)		馬力表示の もの	1/4	1/2	1	2	3	5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	—	—	—
		kW 表示の もの	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110
コンデ ンサ取 付容量 【μF】	2極	50Hz	—	—	7.5	10	15	20	25	40	50	50	75	75	125	150	150	250	300	400	600
		60Hz	—	—	5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	50	75	100	100	150	200	250	300
	4極	50Hz	—	—	10	20	25	30	50	50	75	100	125	200	200	300	300	500	700	800	
		60Hz	—	—	7.5	10	15	20	30	40	50	50	75	100	125	150	200	200	300	400	500
	6極	50Hz	—	—	10	25	30	40	75	75	125	125	150	200	300	300	400	600	900	1100	
		60Hz	—	—	7.5	15	20	25	40	50	75	75	100	100	125	150	200	250	300	500	600

2.5.4 自動力率制御

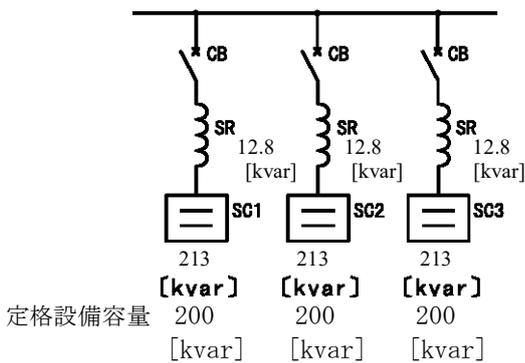
自動力率制御は、回転数制御(液体抵抗器等)を行い連続して自動制御を行い頻繁に力率が変動する場合検討を要するが、これまで農業水利施設で採用された実績は少ない。

なお、自動力率制御を行う場合はコンデンサ盤の設置の検討を行う。

母線に進相コンデンサを集中設置した場合、その総定格設備容量が300[kvar]を超過した場合は進相コンデンサを2群以上のバンクに分割し、かつ、負荷変動に応じて接続する進相コンデンサを開閉し設備全体の力率の改善を行う。また、この開閉は一般的に負荷の無効電力を検出し、常に負荷の無効電力に等しいコンデンサ容量を投入し制御を行う。

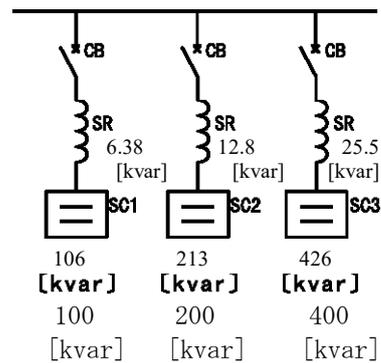
バンク分割はコンデンサを2群以上に分割して自動制御を行う場合、総容量を均等に分割する等容量分割と異容量のコンデンサを組み合わせた異容量分割があり、前者は、同一容量のためサイクリック制御ができ、各コンデンサが均等に投入することができる反面、異容量と比較して制御幅が粗くなる。

また、後者は、異容量のコンデンサを組み合わせるため、制御幅が細かい反面、特定のコンデンサの開閉頻度が高くなる。



コンデンサ 定格設備容量 [kvar]	SC1	SC2	SC3
無効電力 [kvar]			
200	入	切	切
400	入	入	切
600	入	入	入
400	切	入	入
200	切	切	入

図 2.5-5 等容量分割

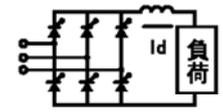
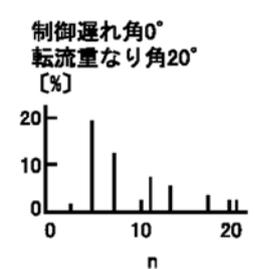
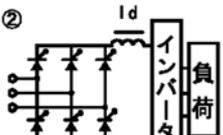
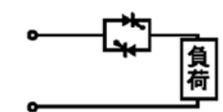
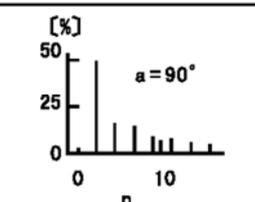
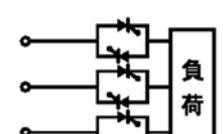
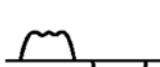
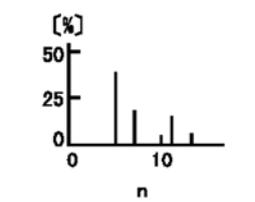
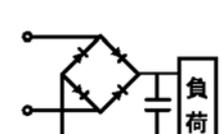
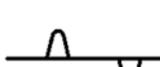
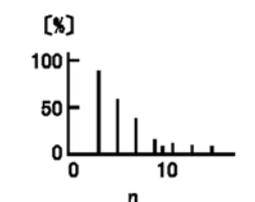


コンデンサ 定格設備容量 [kvar]	SC1	SC2	SC3
無効電力 [kvar]			
100	入	切	切
200	切	入	切
300	入	入	切
400	切	切	入
500	入	切	入
600	切	入	入
700	入	入	入

図 2.5-6 異容量分割

表 2.6-1 に高調波発生機器の代表例を示す。

表 2.6-1 高調波発生機器の代表例

	電源回路種別	交流側入力電流波形例	入力電流の高調波電流成分の例 (基本波成分を100 [%]とする)	代表的な適用例
三相整流回路	① 		制御遅れ角 0° 転流重なり角 20° [%] 	<ul style="list-style-type: none"> • 電解用整流器 • 電気鉄道 • 充電器 • 一般直流電源
	② 			<ul style="list-style-type: none"> • VVVF • UPS • 高周波加熱装置
電力調整回路	③ 		[%] $a = 90^\circ$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 調光器 • 熱機器の温度調整
	④ 		[%] 	<ul style="list-style-type: none"> • 交流可変速駆動 (一次電圧制御) • 電気炉などの加熱制御
単相整流コンデンサ平滑回路	⑤ 		[%] 	<ul style="list-style-type: none"> • テレビ受像機 • オーディオ機器 • パソコン • 電気調理器 • ルームエアコン

2.6.2 高調波の機器に対する影響

表 2.6-2 に高調波の機器に対する影響を示す。

表 2.6-2 高調波の機器に対する影響

機 器 名	影 響 の 種 類
コンデンサ及びリアクトル	・高調波電流に対する回路のインピーダンスが共振現象などにより減少し、過大電流が流入することによる、過熱、焼損、あるいは振動、うなりの発生
変 圧 器	・高調波電流による鉄心の磁歪(じわい)現象によるうなり(騒音)の発生 ・高調波電流・電圧による鉄損、銅損の増加に伴う容量の減少
蛍 光 灯	・高調波電流に対するインピーダンスが減少し過大電流が力率改善用コンデンサやチョークコイルに流れることによる過熱・焼損
ケ ー ブ ル	・三相4線式回路の中性線に高調波電流が流れることによる中性線の過熱
通 信 線	・電磁誘導による雑音電圧の発生
誘 導 電 動 機	・高調波電流による定常振動トルクの発生により回転数の周期的変動 ・鉄損・銅損の損失の増加
計 器 用 変 成 器	・計器用変成器に初期位相誤差がある場合、 $\pm \delta \tan \theta$ (θ はサイリスタ位相制御など制御電流の位相角)の影響により測定精度の悪化
積 算 電 力 計	・電圧・電流有効磁束が非線形特性により磁束変化が完全に対応しないことによる測定誤差 ・高調波電流の過大流入による電流コイルの焼損
音響機器(テレビ・ラジオ・アンプ)	・高調波電流・電圧によるダイオード、トランジスタ、コンデンサなど部品の故障、寿命の低下、性能の劣化 ・雑音、映像のちらつき
電 子 計 算 機	・計算機動作に悪影響
整流器などの各種制御装置	・制御信号の位相のずれによる誤制御など
負荷集中制御装置	・制御信号の乱れによる受信器の誤不動作
継 電 器	・高調波電流あるいは電圧による設定レベルの超過あるいは位相変化による誤不動作
電 力 ヒ ュ ー ズ	・過大な高調波電流による溶断
ノ ー ヒ ュ ー ズ ブ レ ー カ	・過大な高調波電流による誤動作

出展 電気学会技術報告(Ⅱ部)第64号より

2.6.3 高調波対策

高調波対策は、電力系統に高調波を発生する機器が、お互いに他の機器の正常な運転を妨げないようにし、電力系統の電気の品質を良好に保つため高調波対策を行うことが必要となっており、これらの対策について以下に例をあげる。なお、これらの方式は2.6.4で述べるガイドラインの計算において総合的に検討する必要がある。

(1) 発生機器側での対策

- (a) 順変換にPWM等価正弦波制御方式を使用した高調波発生量の少ないVVVF方式を選定する。(図2.6-2 参照)
- (b) 順変換に直列リアクトルを入れる。(図2.6-3 参照)
- (c) 整流方式の多相化。

整流相数が多いほど高次の高調波のみとなり、発生高調波量については次数が高い程少なくなるため、多相化することにより発生量を抑制することができる。(図2.6-4 参照)

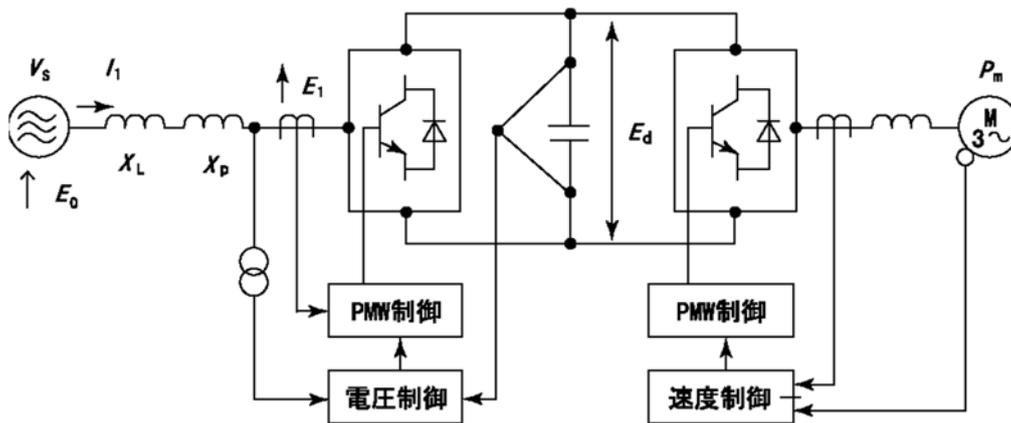


図 2.6-2 PWM等価正弦波制御方式

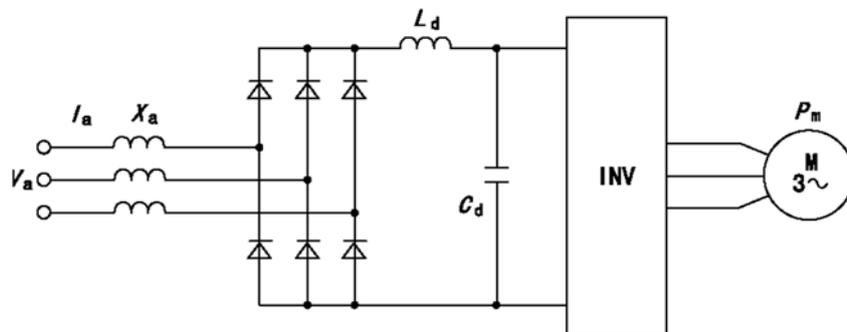


図 2.6-3 三相ブリッジ整流器 (リアクトル)

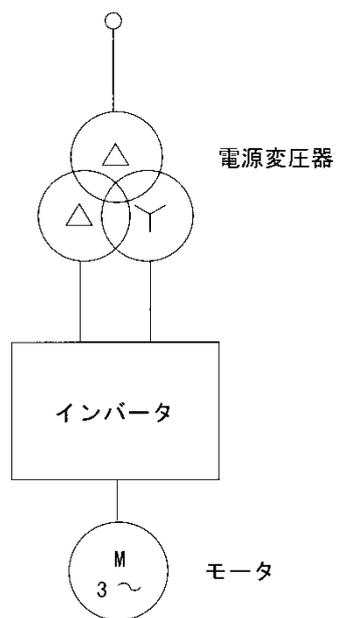


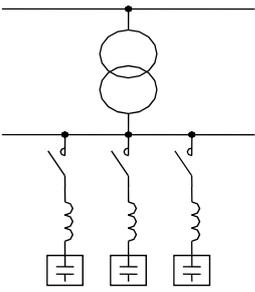
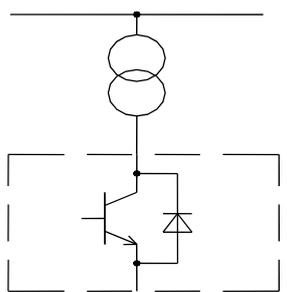
図 2.6-4 12相パルス変換方式

(2) フィルタでの対策

半導体応用機器から発生する高調波電流をフィルタにより吸収し、フィルタ接続点より上位系統の電圧歪を抑制できる。また、フィルタには、交流フィルタ（LCフィルタ）とアクティブフィルタがある。

LCフィルタとアクティブフィルタの比較を表 2.6-3 に示す。

表 2.6-3 LCフィルタとアクティブフィルタの比較

項番	比較項目	LCフィルタ	アクティブフィルタ
1	回路構成		
2	配電系統との共振	共振する可能性がある	なし
3	高調波次数	設計次数に対応し、段階的	第2次から第25次まで
4	フィルタ个数	次数毎にフィルタが必要	連続的に吸収できる為1台で対応可能
5	系統条件変更時	共振条件によって変更が必要	変更不要
6	系統周波数変化時の抑制量	共振条件によって低下することがある	不変
7	予想以上の高調波発生時	過負荷となり運転停止に至ることがある。	設置定格以内で運転継続（自己容量内でのみ動作）
8	電源側高調波	電源側も吸収し過負荷となることもある	関係しない。（対象とする負荷側高調波のみを抑制する）
9	発電機運転による電源側高インピーダンス時	問題なし	抑制分の高調波が負荷側に流れるおそれがある
10	設備容量	基本波容量も含まれるため大きくなる	高調波容量のみ
11	設置面積	100	80
12	コスト比較 VVVF(75kVA)負荷	LCフィルタ 100 とする (5、7、11次対象)	600

[注]アクティブフィルタの下部に進相コンデンサがある場合は、電流検出にコンデンサ電流を含めないような処置をすること。

(3) その他の対策

半導体応用機器から発生する高調波電流と電源側のインピーダンスによる電圧降下が電圧歪となる。半導体応用機器を接続する系統をインピーダンスの小さい上位系統にすると、電圧歪を抑制することができる。

この例では、電圧歪を抑えて高調波における機器誤動作防止には有効であるが絶対的な発生量が減少していないため高調波ガイドラインの計算上では制御したことはない。

図 2.6-5 に変換装置の接続系統を 400 [V] 系から上位の 6 [kV] 系に接続替えした例を示す。

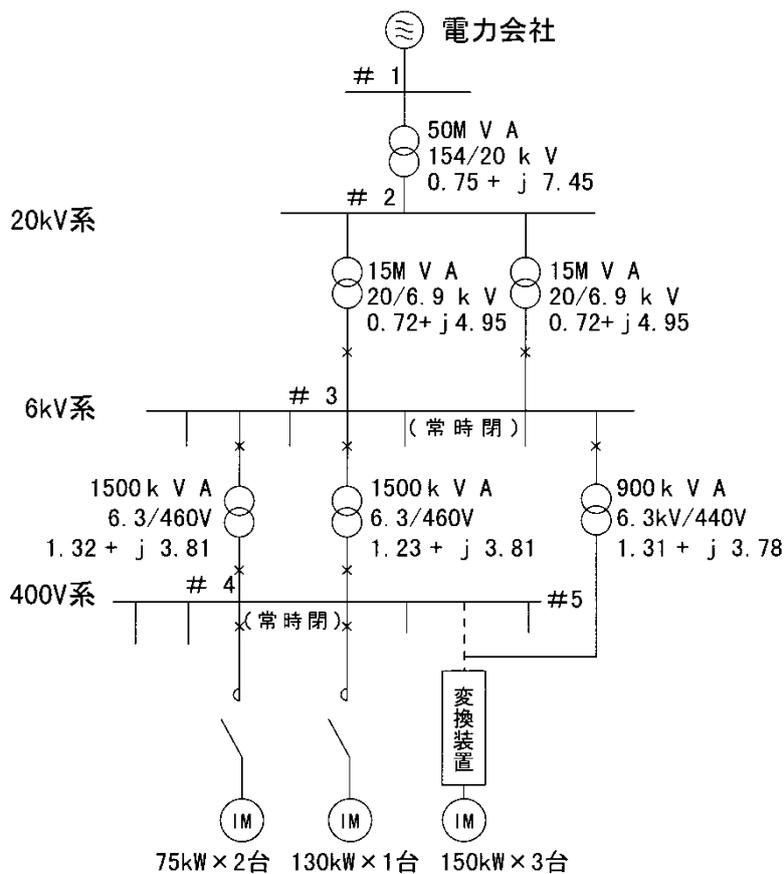


図 2.6-5 系 統 図

2.6.4 高調波電流の計算方法

高調波電流の計算方法の代表例として資源エネルギー庁「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン」適合判定の計算例及び図 2.6-6 にフローチャートを示す。

このガイドラインは、電気事業法に基づく技術基準を遵守した上で、商用電力系統（以下「系統」という。）の高調波環境目標レベルをふまえて、系統から高圧又は特別高圧で受電する需要家において、その電気設備を使用することにより発生する高調波電流を抑制するために技術要件を示したものである。

(1) 第1ステップ（等価容量による判定）

高調波発生機器の名称、製造業者、形式、定格容量、台数、回路分類、換算係数等を記入し、検討要否の判定を行う。検討要の場合は、各機器の6パルス等価容量を計算し、その合計を算出する（高調波流出電流計算書（その1））。その結果が表 2.6-4 の値を超えた時は第2ステップの計算を行う。

表 2.6-4 6パルス等価容量の上限値

受電電圧	6.6 [kV]	22～33 [kV]	66 [kV] 以上
6パルス等価容量合計値	50 [kVA] 超過	300 [kVA] 超過	2,000 [kVA] 超過

(2) 第2ステップ（高調波流出電流による判定）

受電電圧換算の定格電流を算出し、機器最大稼働率及び各機器の高調波発生率により次数別高調波流出電流を算出し、契約電力による高調波流出上限値と比較し対策の要否の判定を行う。（高調波流出電流計算書（その1））

対策要の判定が出たら（高調波流出電流計算書（その2））を行う。

高調波を低減させる回路（力率調整用コンデンサ等）を考慮した高調波流出電流の計算を行い、再度対策の要否の判定を行う。

また、対策の判定が要となった場合は、LCフィルタ、アクティブフィルタ等により追加対策を考慮し、再度高調波流出計算を行い、高調波流出上限値を超過しない対策をとる。

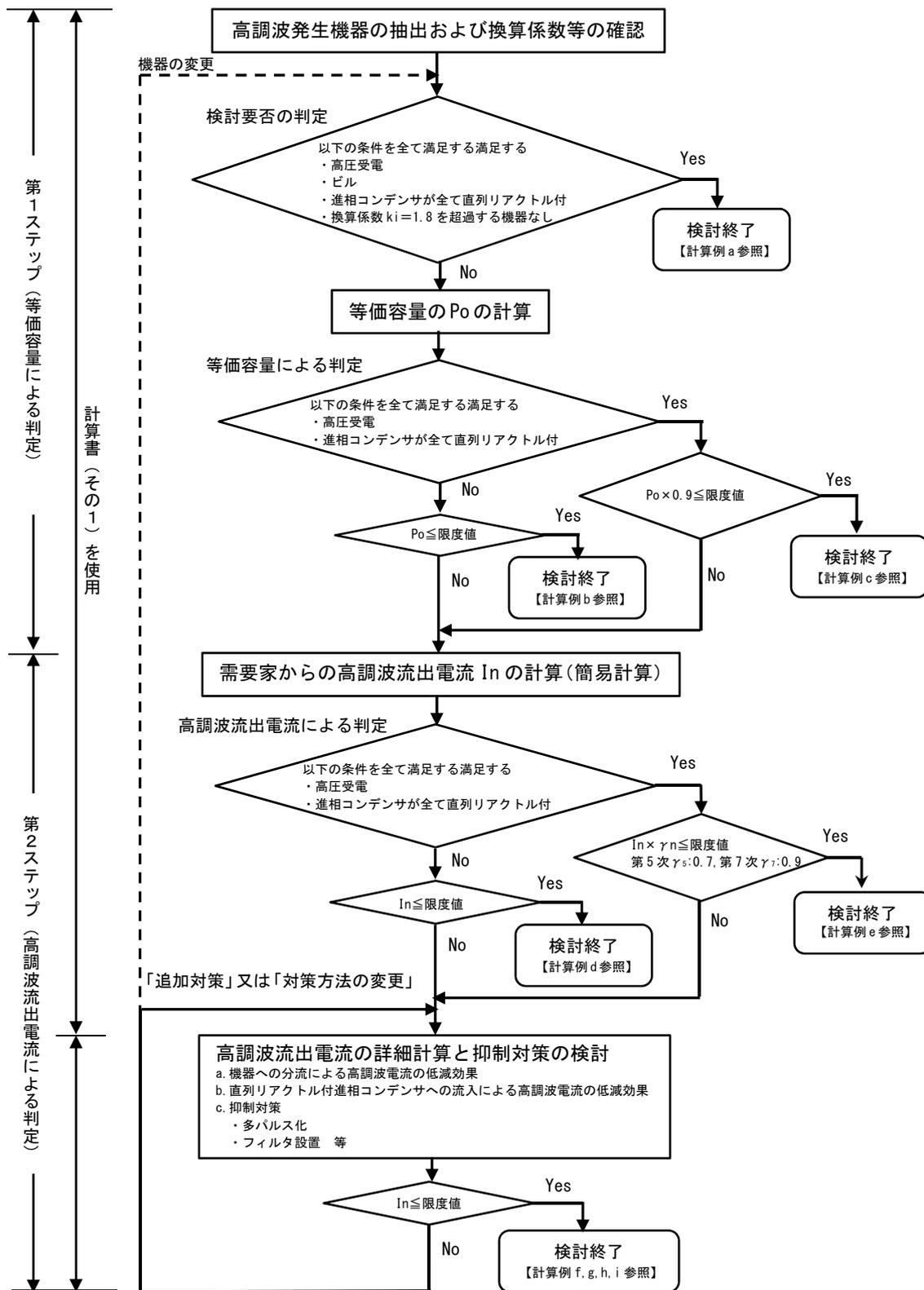


図 2.6-6 「高調波抑制対策ガイドライン」適合判定のフローチャート
(高調波抑制対策技術指針 (日本電気協会) より抜粋)

様式 2.6-1 高調波流出電流計算書記入例 1 (高調波抑制対策技術指針 (日本電気協会) より抜粋)

お客さま名 ○○ビル

業務所 事務所

受電電圧 5.6 kV

契約電力相当量 ① 220 kW

補正率β 1

※1

申込年月日 年 月 日

受付No. 年 月 日

交付年月日 年 月 日

高調波流出電流計算書(その1)

No.	第1ステップ			第2ステップ														
	機器名称	製造業者	型式	相数	② ※2 ⑤ 定格入力 容量 [kVA]	⑥ ※4 ⑥ 回路 種類別 容量 (合計) [kVA]	⑦ ④ × ⑥ 換算 係数 Ki	⑧ ④ × ⑥ 等価 容量 [kVA]	⑨ ※2 ④ 定格入力 電流 [mA]	⑩ ⑨ × ⑩ 最大 線荷率 k	高調波流出電流 [mA]							
										5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	25次	
1	ビルマルチエアコン	*****	*****	3	13.1	6	1.8	141.5	6,876	55	1,135	492						
2	エレベーター	*****	*****	3	6.77	1	3.4	23.0	592	25	96	61						
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20	合計 P ₀				164.5	④	④ × 0.9 (1かつ皿に該当する場合)	141.5	④	④ × β	553	④ × γ _n	553					

④ = Σ ①

⑤ = ⑧ × 0.9 (1かつ皿に該当する場合)

⑥ = ⑧ × γ_n

⑦ = ⑧ × γ_n

⑧ = ⑧ × γ_n

⑨ = ⑧ × γ_n

⑩ = ⑧ × γ_n

⑪ = ⑧ × γ_n

⑫ = ⑧ × γ_n

⑬ = ⑧ × γ_n

⑭ = ⑧ × γ_n

⑮ = ⑧ × γ_n

⑯ = ⑧ × γ_n

⑰ = ⑧ × γ_n

⑱ = ⑧ × γ_n

⑲ = ⑧ × γ_n

⑳ = ⑧ × γ_n

高調波流出電流の上限値

④ = 契約電力相当値 IAW 当たりの高調波流出電流の上限値 × ①

⑤ = ④ × β

⑥ = ④ × γ_n

⑦ = ④ × γ_n

⑧ = ④ × γ_n

⑨ = ④ × γ_n

⑩ = ④ × γ_n

⑪ = ④ × γ_n

⑫ = ④ × γ_n

⑬ = ④ × γ_n

⑭ = ④ × γ_n

⑮ = ④ × γ_n

⑯ = ④ × γ_n

⑰ = ④ × γ_n

⑱ = ④ × γ_n

⑲ = ④ × γ_n

⑳ = ④ × γ_n

作成者

○○電気工事 ○○太郎

様式 2.6-2 高調波流出電流計算書記入例 2 (高調波抑制対策技術指針(日本電気協会)より抜粋)

お客さま名	〇〇ビル	業種	事務所	受電電圧	6.6 kV	契約電力相当値	220 kW	補正係数β	1
<様式-2>									
				申込年月日	年	月	日		
				受付№					
				受付年月日	年	月	日		

高調波流出電流の詳細計算と抑制対策の検討

高調波流出電流の計算過程を具体的に記載する。

1. 機器への分派
計算法は自注とする。
受電点から見た電力系統側の第5次高調波インピーダンス

$$Z_{S5} = jX_{S5} = j \frac{V_s}{\sqrt{3}I_s} \times n = j \frac{6.6 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 12.5 \times 10^3} \times 5 = j1.524 \text{ [}\Omega\text{]}$$

直列リアクトル付進相コンデンサの第5次高調波インピーダンス

$$Z_{LC5} = jX_{L5} + jX_{C5} = j \frac{10^3 K^2}{Q_c} \times \left(\frac{\%L}{100} \times n - \frac{1}{n} \right) = j \frac{10^3 \times 7.02^2}{31.9 \times 2} \times \left(\frac{6}{100} \times 5 - \frac{1}{5} \right) = j77.24 \text{ [}\Omega\text{]}$$

直列リアクトル付進相コンデンサへの第5次高調波電流の低減率

$$\alpha_5 = \frac{Z_{LC5}}{Z_{S5} + Z_{LC5}} = \frac{77.24}{1.524 + 77.24} = 0.981$$

直列リアクトル付進相コンデンサへの分派を加味した第5次高調波流出電流

$$I_5 \times \alpha_5 = 1.231 \times 0.981 = 1.208 \text{ [mA]}$$

2. 電力系統からの進相コンデンサへの流入
電力系統側の第5次高調波電圧

$$V_5 = I_5 \times \frac{\%V_5}{100} = 6.6 \times 10^3 \times \frac{2}{100} = 132 \text{ [V]}$$

直列リアクトル付進相コンデンサの第5次高調波インピーダンス

$$Z_{LC5} = j77.24 \text{ [}\Omega\text{]}$$

直列リアクトル付進相コンデンサに流入する第5次高調波電流

$$I_5' = \frac{V_5}{\sqrt{3} \times Z_{LC5}} = \frac{132}{\sqrt{3} \times 77.24} = 987 \text{ [mA]}$$

直列リアクトル付進相コンデンサに流入を意味した第5次高調波流出電流

$$I_5 - I_5' = 1.208 - 987 = 221 \text{ [mA]}$$

3. 詳細計算した高調波流出電流による判定
221 [mA] ≤ 上限値 (770 [mA])
また、第7次についても同様に計算した結果、上限値以下になるため、「検討終了」とする。

線内異線結線図

高調波発生機器、受電用変圧器、高調波を低減する機器の設置位置・諸元・電気定数等、計算に必要な情報を必ず記載する。

3φ 6.6kV 50Hz 12.5kVA

電灯変圧器 1φ 76kVA × 2
動力変圧器 3φ 200kVA
6.6kV/210V 進相コンデンサ 31.9kvar × 2

6%直列リアクトル 1.91kvar × 2

直列リアクトル付進相コンデンサ Z_{LC5} = j77.24 [Ω]

電力系統インピーダンス Z_{S5} = j1.524 [Ω]

高調波電流 I₅ = 1.231 [mA]

直列リアクトル付進相コンデンサ設備 インピーダンス Z_{LC5} = j77.24 [Ω]

第5次高調波に対するインピーダンスマップ

5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	25次
計算値(その1)の高調波流出電流 [mA]	1,231	553	---	---	---	---	---
低減後の高調波流出電流 [mA]	221	369	---	---	---	---	---
高調波流出電流の上限値 [mA]	770	550	---	---	---	---	---
対策要否判定	否	否	否	否	否	否	否

(注)本様式により無い場合は、別の様式を用いてもよい。

2.7 保護方式

保護継電器を設置する目的は、電気系統、電気機器の異常状態を速やかに検出し異常箇所を回路から切り離すことにより、人身の安全確保、設備の保護を図るとともに、異常の波及を防ぎ、電気供給信頼度を向上することにある。

設備の保護方式としては、図 2.7-1 に示すように予防的及び対策的なものがある。

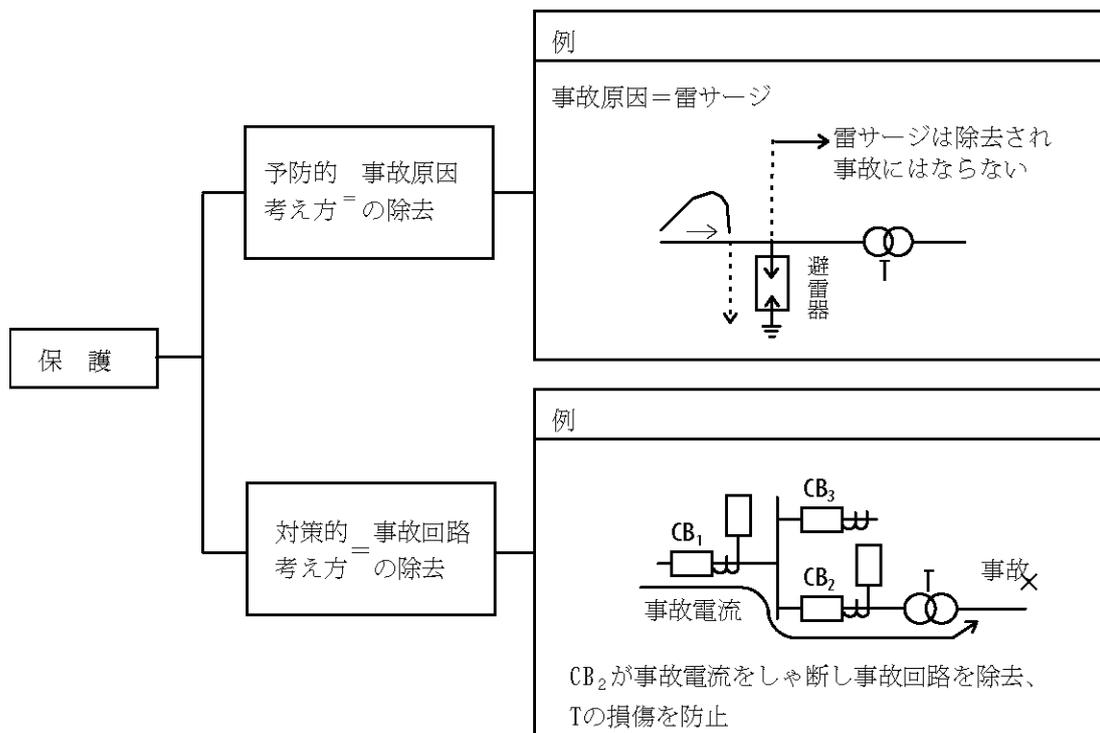


図 2.7-1 保護の考え方とその適用例

予防的保護方式は、事故の原因を取り除くことにより、事故の発生を未然に防止しようとするもので雷サージに対する避雷器の設置が代表的なものといえる。

対策的保護方式は、事故が発生した場合に事故回路を速やかに切離し事故による損害を最小に抑えようとするもので、遮断器や電力ヒューズなどを使用して過電流・短絡保護を行うのがこれに相当する。

事故を検出するために保護継電器が使用され、次のように用途により使い分けられる。

(1) 過負荷・短絡故障と過電流継電器(OCR)

過電流継電器は過負荷・短絡故障を保護するもので過負荷故障については限時要素で保護をおこない、短絡故障については瞬時要素にて保護を行う。(図 2.7-2)

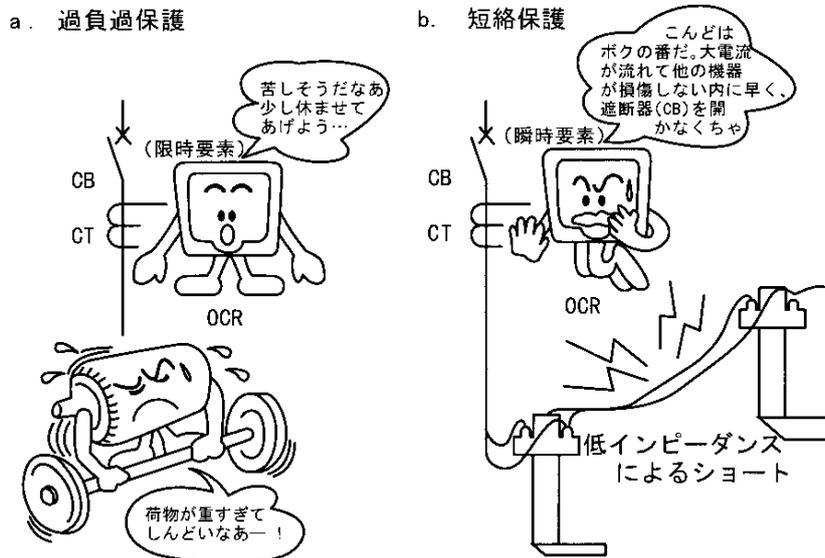


図 2.7-2

(2) 地絡故障と地絡継電器

地絡故障とは、電気回路の絶縁が劣化又は絶縁破壊して、大地と接触することであり、短絡故障時の電流より小さい電流が流れる。保護継電器としては、地絡故障電流の大きさで検出する地絡過電流継電器(GR)と故障の方向を判別する地絡方向継電器(DGR)とがある。(図 2.7-3)

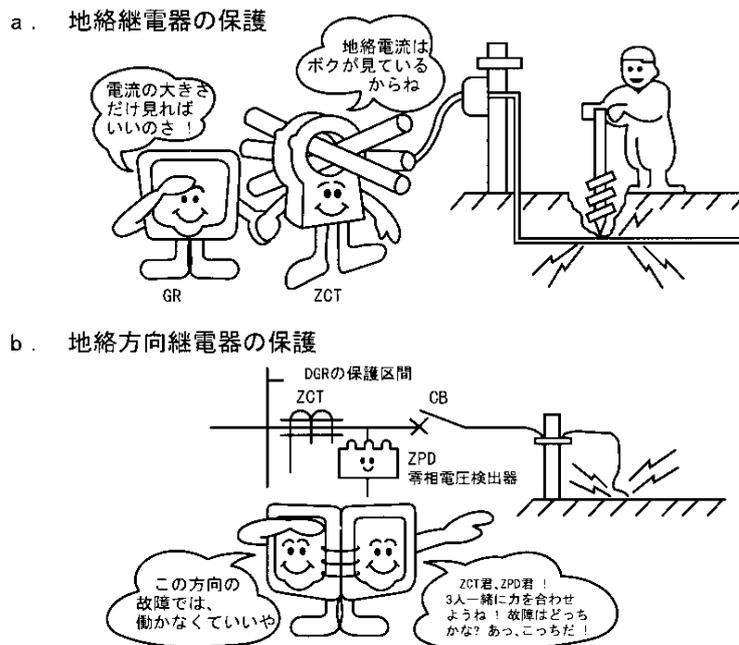


図 2.7-3

(3) 異常電圧と過電圧(OVR)・不足電圧継電器(UVR)

異常電圧には発電機の故障による電圧の急上昇や、停電か短絡故障による電圧低下の2通りがある。前者は過電圧継電器により保護し、後者は不足電圧継電器により保護する。(図 2.7-4)

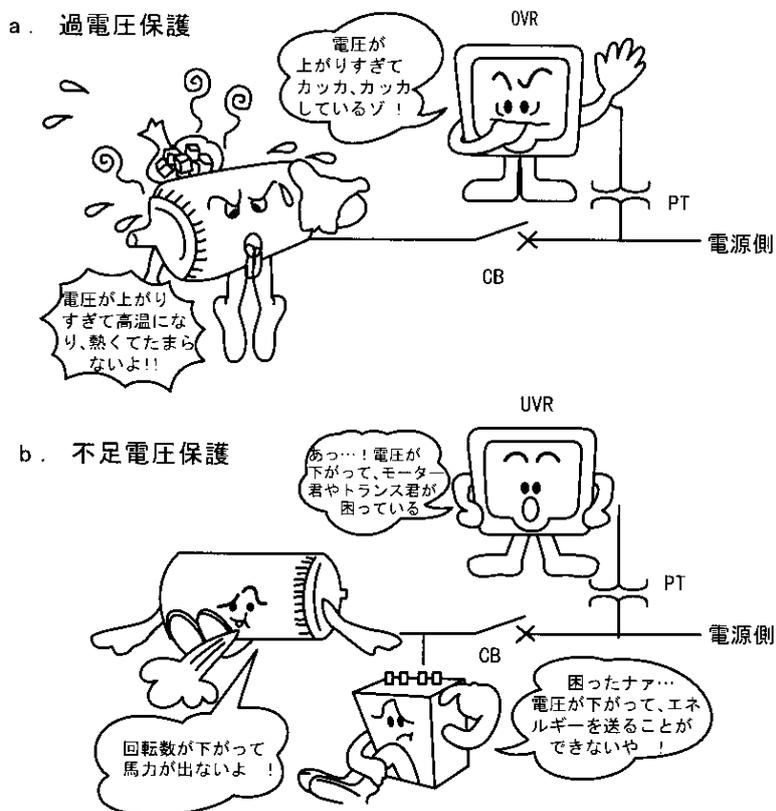
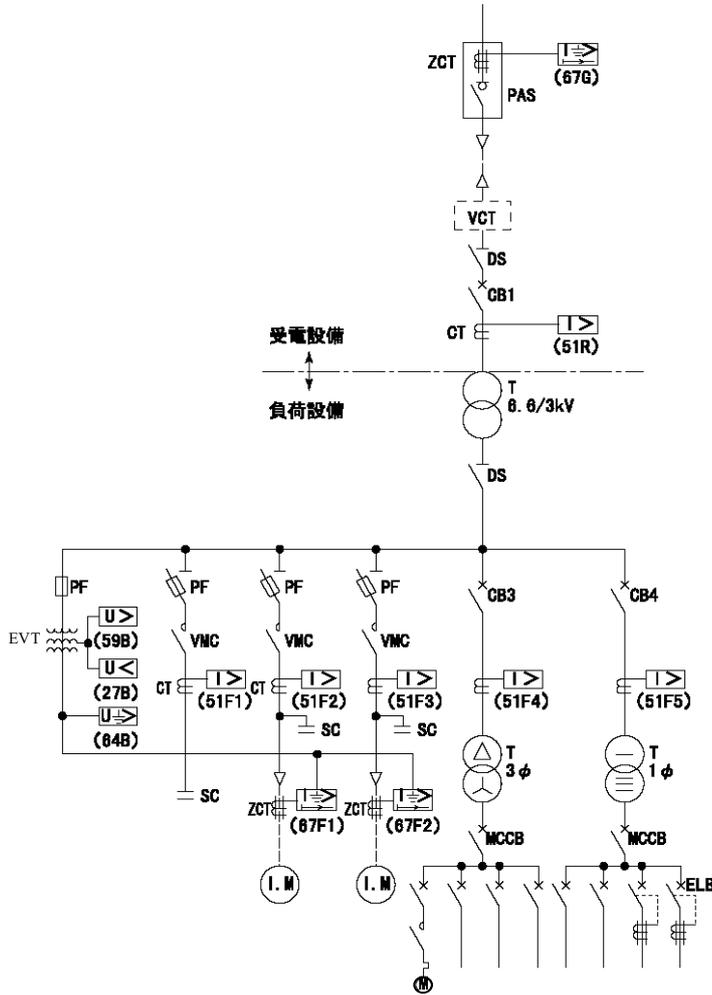


図 2.7-4

電気設備の保護を行う場合の配電系統における一般的な保護回路例を図 2.7-5 に示す。保護については、受電設備と負荷設備に分けて考える。



符号	名称
67G	地絡方向継電器
51R	受電用過電流継電器
51F	フィード用過電流継電器
59B	母線用過電圧継電器
27B	母線用不足電圧継電器
64B	母線用地絡過電圧継電器
67F	フィード用地絡方向継電器

図 2.7-5 一般的な保護回路例

2.7.1 受電設備の保護方式

受電設備の保護は引込口の責任分界点以降から受電用変圧器までを対象とする。

受電設備の受電点より負荷側で短絡、地絡など電気的事故が発生したとき、速やかに受電遮断器又は区分開閉器(PAS)を開路して、電力会社の配電系統や他の需要家に影響を及ぼさないことが必要である。また、他の需要家で地絡事故が発生した場合のいわゆるもらい事故による誤動作を起こさないよう留意する必要がある。

受電設備の保護のため次の保護継電器を設置する。

1. 交流過電流継電器(51R)

瞬時要素(50)……………受電設備の短絡保護

限時要素(51)……………受電変圧器二次短絡保護及び過負荷保護

2. 地絡過電流継電器(51G)又は地絡方向継電器(67G)……受電設備の地絡保護

電力会社変電所の送電点に設置される保護継電器は、短絡保護用としては過電流継電器、短絡方向継電器、短絡方向距離継電器など、地絡保護用としては地絡過電流継電器、地絡方向継電器などが一般に使用されており、需要家内部の事故に際しては需要家受電点でこれを検出して受電遮断器を遮断し、電力会社送電点の遮断器が動作に至らないよう動作協調（電力会社より先に遮断し、電力会社の遮断器を動作させない）をとる必要がある。

表 2.7-1 に高圧受電設備指針に記載されている高圧受電設備の受電点継電器整定例を示す。しかし、電力会社の配電系統の保護方式、需要家の受電点での短絡電流の大小、需要家の受変電設備容量や契約電流の大小によって異なるので受電開始までに電力会社と十分協議する必要がある。

わが国の電力会社においては高圧 6.6kV 配電系統では非接地方式が採用されている。高圧受電点における受電点の保護継電器の接続は図 2.7-6 のようになる。

表 2.7-1 高圧受電設備の需要家受電点継電器整定例

用途	継電器の種類	整定値		
		要素	動作電流値	限時値
過電流保護 及び 短絡保護	瞬時要素付 過電流継電器 (51R)	限時	受電最大電力(契約電力)に相当する電流の 110 [%] ~ 150 [%]	電流整定値の 2,000 [%] 入力時 1 秒以下
		瞬時	受電最大電力(契約電力)に相当する電流の 500 [%] ~ 1,500 [%]	瞬時
地絡保護	地絡過電流継電器 (51G 又は 67G)		200mA	0.3 秒以下

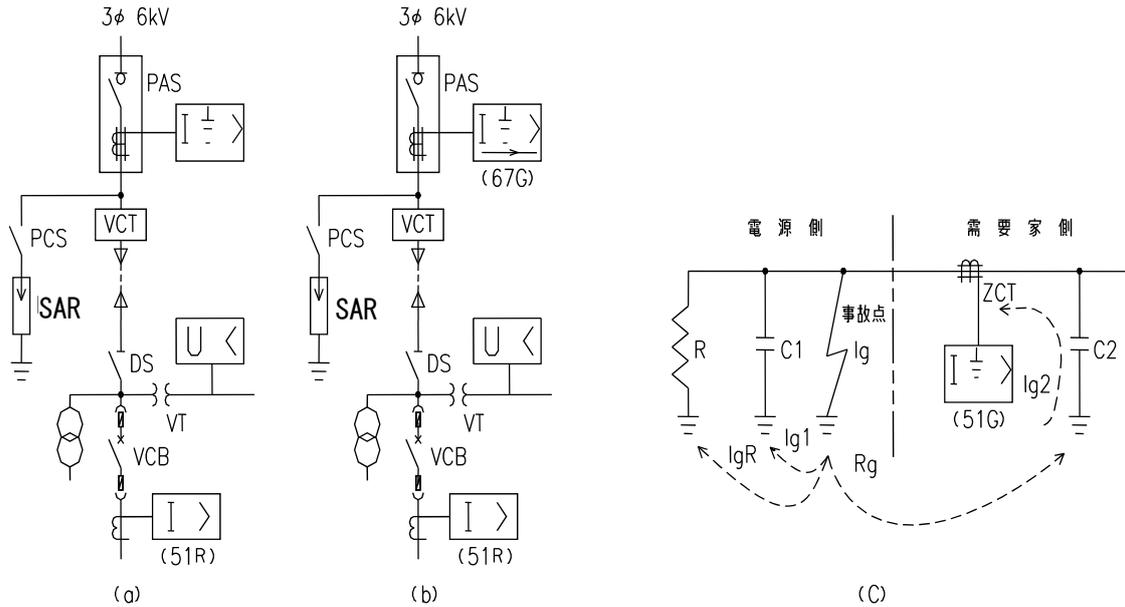


図 2.7-6 受電用保護継電器の接続

図 2.7-6(a)は受電点から受電変圧器までのケーブル亘長が表 2.7-2 に示す値未満の場合に採用される。地絡保護は地絡過電流継電器(51G)を用いる。

図 2.7-6(b) は受電点から受電変圧器までのケーブル亘長が比較的長い場合に採用される。ケーブル亘長が長い場合、ケーブルの対地静電容量が大きくなり、対地静電容量を通して流れる地絡電流が増加し、電力会社配電系統での地絡事故や他の需要家構内の地絡事故による、もらい事故を防ぐため地絡保護には地絡方向継電器(67G)を用いる。

図 2.7-6(c)は電源側にて地絡が発生した場合の地絡電流の流れを示したものである。地絡電流 I_{g2} が需要家側の対地静電容量 C_2 から ZCT を通って事故点に流れる。継電器が方向性の無い地絡過電流継電器(51G)であると、地絡電流 I_{g2} が地絡過電流継電器(51G) の設定値以上の電流が流れると継電器は動作することとなる。

なお、地絡電流 I_{g1} は電源側の対地静電容量を、地絡電流 I_{gR} は変電所の接地変圧器の中性点を流れる電流を示す。

6.6 [kV] 受電回路における地絡方向継電器(67G)の採用基準はケーブル亘長が表 2.7-2 に示す長さ以上の場合に採用する。

ケーブル亘長は6 [kV] の電動機がある場合はその負荷ケーブルも含める。

表 2.7-2 地絡方向継電器を必要とするケーブル亘長

6kVCV ケーブルの導体公称断面積 [mm ²]	8	14	22	38	60	100
亘長 [m]	80	70	60	50	45	40

地絡方向継電器（67G）を採用する場合、地絡電流の方向を判別するため零相電圧の検出が必要となる。零相電圧を得るには一般に接地形計器用変圧器（EVT）を用いる方式とコンデンサ形接地電圧検出装置（ZPD）を用いる方式があるが、EVT方式は、配電系統の地絡電流が増加し、電力会社が配電線の絶縁抵抗試験の実施に支障があるので認められていない。したがって、高圧需要家において零相電圧を得る方法としては、ZPD方式を採用する。

最近、柱上気中開閉器内にZPDを内蔵するタイプが多く用いられている。なお、高圧タイトランス（6.6/3.3kV）の3.3[kV]回路は変圧器にて電力会社の系統と絶縁される。零相電流を流すためにはEVT方式とする必要がある。

保護継電器の整定（動作電流と動作時間を定めること）は前述したように電力会社との協議が必要であるが、以下に基本的な考え方を述べる。

- 瞬時要素：①変圧器二次三相短絡では動作させない。（図2.7-7のイ）
 (51R) ②変圧器励磁突入電流では動作させない。（図2.7-7のロ）
 ③上記①②を満足して受電点短絡電流で動作し得る最低値とする。
 (図2.7-7のハ)

- 限時要素：①変圧器の過負荷保護ができる動作電流値とする。
 (51R) ②動作時限は電力会社送電端継電器と1.5～0.5秒の時限協調をとる。
 (図2.7-7のニ)

- 地絡過電流：①変圧器励磁突入電流で誤動作しない範囲で感度は高い方がよい。
 (51G, 67G) ②動作時限は需要家構内の地絡保護であるため瞬時遮断が望ましいが、変圧器励磁突入電流による誤動作を防止するため0.3秒程度の時限をもたせる。

図2.7-7に時限協調検討図の例を示す。

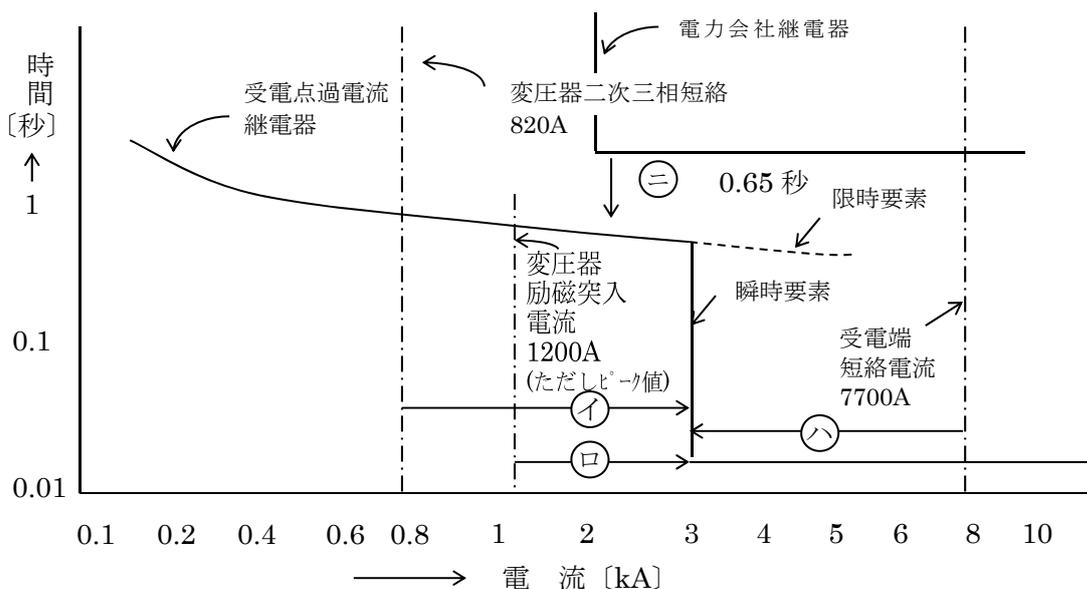


図 2.7-7 時限協調検討図例

2.7.2 負荷設備の保護方式

負荷設備の保護として次の保護継電器が採用される。

表 2.7-3 機器の保護一覧

	保護対象	過負荷	短絡	地絡	不足電圧
a	変圧器		○		
b	進相コンデンサ		○		
c	電動機	○	○	○	○*
d	その他の配電回路	○	○	○	

注) *印の継電器は受電側の不足電圧継電器と兼用する

(1) 過負荷保護

(a) 変圧器

変圧器の過負荷保護は変圧器の温度上昇を限度内に抑えることで、継電器や電力ヒューズではその特性から完全な保護は期待できない。負荷配分を適当に行うことにより過負荷を防ぐことが一般的であり、過負荷を監視するためにダイヤル温度計を設置する。

ただし、変圧器容量 100 [kVA] 未満は設けなくてもよい。

(b) 配電線

配電線の過負荷保護は、回路の合計負荷電流の 110~125 [%] を目標に継電器の定格電流を設定する。電動機が回路に含まれる場合は、同時に起動する最大電動機群の定格容量を除いた合計負荷電流の 125 [%] に、最大電動機群の始動最大電流を加えた値とする。

(c) 電動機

電動機の過負荷保護は 2E リレー(二要素)、サーマルリレー又は過電流継電器で保護する。一般に 2E リレー、サーマルリレーは低圧電動機の過負荷保護に、高圧電動機は高圧ヒューズと高圧コンタクタの組み合わせ、いわゆる高圧コンビネーションの場合に 2E リレーが採用され、過電流継電器は高圧大容量の場合に採用される。2E リレーとは過負荷：欠相の二要素を検出する継電器である。

低圧電動機の過負荷保護には、電動機の熱特性に応じたサーマルリレーが一般的に使用されるが、水中モータのような始動時間が短く、過負荷耐量の小さいもの及び大容量のモータ等に対しては 2E リレーが適用され、またファン・ブロワ等慣性の大きいものについては始動時に誤動作のないよう遅延動作のサーマルリレーが適用される。

また、誘導電動機等を接続する回路には 2E リレーの特性に逆相検出回路が付加された 3E リレー(三要素)が使用される。

高圧電動機の過負荷保護は次のことを注意して選定する。

- (イ) 電動機の始動電流で継電器が動作しないこと。
- (ロ) 上位の過電流継電器の反限時特性と協調がとれていること。
- (ハ) 電動機定格電流の 120~130% で確実に動作すること。

図 2.7-8 に電動機の始動電流による誤動作をさけるために使用される 2E リレー及び長時限の特性を持った過電流継電器と図 2.7-9 に受電側に使用される配電 OCR の動作特性を示す。

図 2.7-10 に受電遮断器と高圧フィーダ^{※1}遮断器との協調例を図 2.7-11 に電動機回路用過電流継電器との協調例を示す。

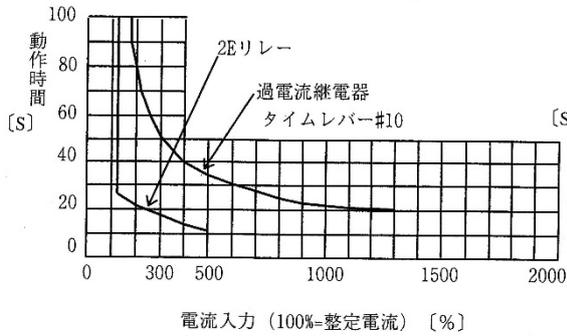


図 2.7-8 2E リレー及び電動機回路用過電流継電器の動作特性例

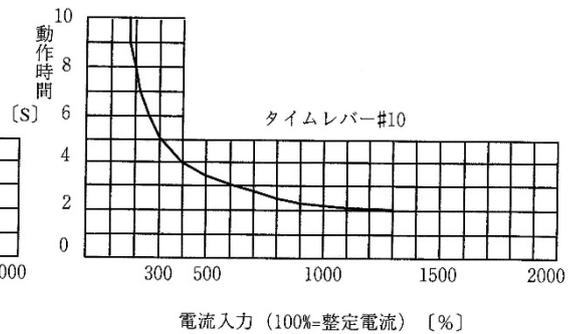


図 2.7-9 配電 OCR の動作特性例

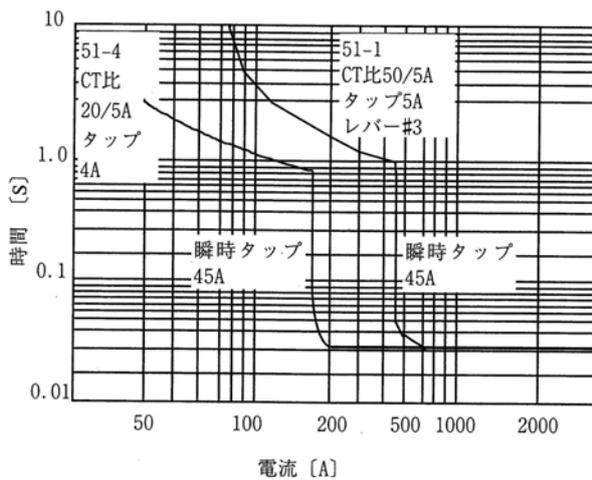


図 2.7-10 受電遮断器と高圧フィーダ遮断器との協調例

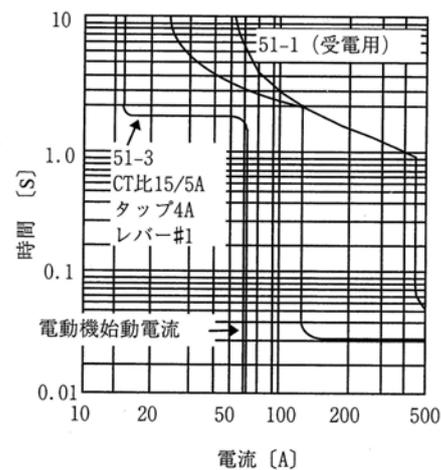


図 2.7-11 電動機回路用過電流継電器との協調例

(2) 短絡保護

短絡保護は、短絡電流を計算の上、過電流継電器の瞬時要素で保護する。系統の事故に対する上位との協調は難しいが、この場合上位の過電流継電器は後備保護として考える。

(a) 高圧フィーダ遮断器の短絡保護協調

受電用遮断器の過電流継電器とフィーダ側遮断器の過電流継電器の間では短絡電流の大きい領域では選択遮断することは不可能で、比較的短絡電流の小さい領域のみ保護協調をとることが可能である。

継電器の瞬時要素の設定においては、負荷の始動時の特性で変圧器であれば励磁突入電流で、また、かご形モータの全電圧始動(直入れ始動)であればその始動電流で過電流継電器の瞬時要素が誤動作しないよう設定する必要がある。

※1 電源から分岐し負荷に供給する回路をいう

(b) 低圧回路の短絡保護

低圧回路の短絡保護は主に電気設備技術基準に準拠して行われる。

遮断方式には次の二つの方式がある。

①全容量遮断方式——— 施設された過電流遮断器を通過する短絡電流を単一の保護器で遮断する方式

②バックアップ遮断方式—— 電源側に設置される遮断器と共同で、短絡遮断する方式

保護器としてはヒューズ、配線用遮断器が適用され、電力の供給信頼性の点から配電システムの末端で遮断切り離し、電源の遮断器は追従動作しないよう全容量遮断方式を原則とし、選択遮断を行い保護協調を取ることが望ましい。

(c) 短絡強度

短絡事故から事故電流を遮断するまでの間、短絡電流の流れる機器は機械的に破損しないものでなければならない。

これらの機器の熱的強度、機械的強度を検討し、下記を満足する機器を選定する必要がある。

①熱的強度

保護装置の全遮断エネルギー $[A^2s] \leq$ 直列機器の許容エネルギー $[A^2s]$

②機械的強度

短絡電流波高値（若しくは限流波高値） \leq 直列機器の許容波高値

短絡事故が発生してから遮断器が遮断するまでの時間は概略次の値とする。

高圧遮断器の場合

一般に使用されている真空遮断器は3サイクル遮断（周波数50 [Hz] のとき60 [ms]）であり、保護継電器の瞬時要素の動作時間（40 [ms]）を加味し余裕を含め150 [ms] とする。

低圧遮断器の場合

低圧の場合は通常配線用遮断器が用いられている。配線用遮断器の遮断時間は定格電流等の違いにより動作時間は異なるがここでは余裕を考慮して20 [ms] とする。これをまとめると表 2.7-4 になる。

表 2.7-4 高圧・低圧回路の遮断時間

回路電圧	遮断器	遮断時間
高 圧	真空遮断器	150 [ms]
低 圧	配線用遮断器	20 [ms]

(d) 遮断容量

保護遮断器は、システムの短絡電流に基づき、単一機器でこの短絡電流を充分遮断できるものを選定するか、また、上位との組み合わせで遮断できることを確認する必要がある。

高圧側の遮断容量は2.3.2項で述べたように12.5[kA]とする。

低圧側の遮断器は、一般に、ヒューズ又は配線用遮断器が主であるため、短絡電流計算を行う際は電動機からの寄与電流を考慮する必要がある。

ある地点の短絡電流を求めるには、その点から電源を見た合成インピーダンスを求める必要がある。

合成インピーダンスの求め方にはオーム値で求める方法と%インピーダンス(%Z)から求める方法があり、ここでは%インピーダンスから求める方法について述べる。%インピーダンス法は変圧器で電圧が変圧された場合もインピーダンスの換算が不要で、各インピーダンスを加算すればよいので便利である。ただし、%インピーダンスは絶対値ではなく、ある容量を基準にして定まる値であるから計算を行う際は基準となる容量を定める必要がある。この容量を基準容量といい通常10[MVA]又は1000[kVA]をとる。したがって、変圧器の容量における%インピーダンス値、電源短絡容量から求められる%インピーダンス値及び電動機インピーダンス等はいずれも基準容量10[MVA]又は1000[kVA]における値に換算する。

また電線及びバスダクトのインピーダンスのようにオーム値で与えられている場合も%インピーダンスに換算する。%インピーダンスの基準容量への換算及びオーム値から%インピーダンスに換算する式を次に示す。

- ・ 機器容量%インピーダンス (%Z₂) の基準容量%インピーダンス (%Z₁) への変換

$$\%Z_1 = \%Z_2 \times \frac{\text{基準容量[kVA]}}{\text{機器容量[kVA]}}$$

- ・ オーム値 (Z) から%インピーダンス (%Z) への変換

$$\%Z = Z \times \frac{\text{基準容量[kVA]}}{\text{定格電圧 [kV]}^2 \times 10}$$

三相短絡電流の計算例

図2.7-12の配電系統図で短絡点Sの短絡電流を求める場合、等価回路図は図2.7-13のようになる。

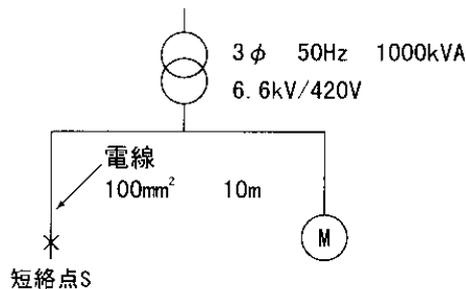


図 2.7-12

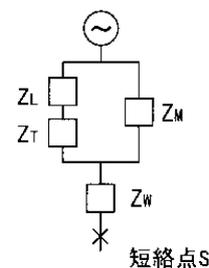


図 2.7-13

ここで Z_L 、 Z_T 、 Z_M 、 Z_W は

$\%Z_L$: 電源%インピーダンス

$\%Z_T$: 変圧器短絡インピーダンス (%インピーダンス)

$\%Z_M$: 電動機%インピーダンス

$\%Z_W$: 電線%インピーダンス

各部の%インピーダンスを求める。

①電源%インピーダンス ($\%Z_L$)

受電点の短絡電流は電力会社が 12.5 [kA] を推奨しているので高圧側の短絡電流は 12.5 [kA] とする。

電源の短絡容量を 150 [MVA] (12.5kA) とすると、電源の%インピーダンスは基準容量 1,000kVA に換算すると次式となる。

$$\begin{aligned}\%Z_L &= \%Z \times \frac{\text{基準容量 [kVA]}}{\text{短絡容量 [kVA]}} \\ &= 100 \% \times \frac{1000}{150000} \\ &\approx 0.7 [\%]\end{aligned}$$

②変圧器短絡インピーダンス ($\%Z_T$)

変圧器 500[kVA] の短絡インピーダンスは表 3.2-7 より 5.5[%] であり、基準容量 1,000 [kVA] 換算の短絡インピーダンスは

$$\begin{aligned}\%Z_T &= \%Z \times \frac{\text{基準容量 [kVA]}}{\text{短絡容量 [kVA]}} \\ &= 5.5 \times \frac{1000}{500} \\ &= 11.0 [\%]\end{aligned}$$

③電動機の%インピーダンス ($\%Z_M$)

電動機の%インピーダンスは計画時には正確に把握できないのが一般的であり、平均的な概数である 20 [%] で計算して大差がない。また、電動機の容量は kW で示されるため、次の式で kVA に換算する必要がある。

$$\text{電動機基準 kVA} = 1.5 \times (\text{電動機容量の総和 kW})$$

ここで変圧器二次に接続され運転すると想定される電動機容量の総和を 80kW とする。

$$\begin{aligned}\text{電動機基準 kVA} &= 1.5 \times 80 \\ &= 120 [\text{kVA}]\end{aligned}$$

基準容量 1,000 [kVA] 換算の電動機の%インピーダンスは

$$\begin{aligned} \%Z_M &= 20 \times \frac{1000}{120} \\ &= 167.0 \text{ [\%]} \end{aligned}$$

④電線%インピーダンス (%Z_w)

電線のインピーダンスは〔Ω/km〕で示されるのが一般的である。

電線 600V CV 3 心 100〔mm²〕のインピーダンスは表 4.3-17 より 0.251〔Ω/km〕である。

また、亘長を 10〔m〕とする。

$$\begin{aligned} \%Z_w &= Z \times \frac{\text{基準容量(kVA)}}{\text{回路電圧(kV)}^2 \times 10} \\ &= 0.251 \times \frac{10}{1000} \times \frac{1000}{(0.42)^2 \times 10} \\ &= 1.4 \text{ [\%]} \end{aligned}$$

これで各部の 1,000〔kVA〕換算の%インピーダンスが求まり、まとめると表 2.7-5 のようになる。

表 2.7-5 1000kVA 換算の%インピーダンス

種 別	%インピーダンス 1,000〔kVA〕換算〔%〕
電源%インピーダンス %Z _L	0.7
変圧器短絡インピーダンス %Z _T	11.0
電動機%インピーダンス %Z _M	167.0
電線%インピーダンス %Z _w	1.4

ここで等価回路図から短絡点 S から電源を見た合成インピーダンス (%Z) を求める。
抵抗の直列・並列接続の計算と同様に求める。

$$\begin{aligned} \%Z &= \%Z_w + \frac{(\%Z_L + \%Z_T) \times \%Z_M}{(\%Z_L + \%Z_T) + \%Z_M} \\ &= 1.4 + \frac{(0.7 + 11) \times 167}{(0.7 + 11) + 167} \\ &\approx 12.3 \text{ [\%]} \end{aligned}$$

短絡点Sの短絡電流を求める。

短絡点Sの回路電圧は420 [V] であり、基準容量は1,000 [kVA]、合成インピーダンスは12.3 [%] であるから、短絡点Sの短絡電流 (I_s) は次のように求まる。

$$\begin{aligned} I_s &= \frac{\text{基準容量(kVA)} \times 100}{\sqrt{3} \times \text{電圧(kV)} \times \%Z} \\ &= \frac{1000 \times 100}{\sqrt{3} \times 0.42 \times 12.3 \times 1000} \\ &\approx 11.2 \text{ [kA]} \end{aligned}$$

短絡点Sの短絡電流が求まると短絡点上位の遮断器はこの短絡電流を遮断できる遮断容量を有するものでなければならない。

(3) 地絡保護

(a) 高圧地絡保護

負荷設備で高圧電動機又は高圧フィーダ等で配電盤外に電源を供給する場合、地絡保護回路を設ける。回路数が1回路のときは地絡過電流継電器を2回路以上の場合は地絡方向継電器とする。地絡方向継電器は地絡電流と零相電圧の位相差により判別するため零相電圧を検出する必要がある。

零相電圧の検出は高圧回路が商用電源から変圧器を介している場合は接地形計器用変圧器を設ける。また、商用電源から直接高圧を供給する回路の場合は高圧気中開閉器内に設けられたコンデンサ形接地電圧検出装置から接地継電器（多回路用）を経由し零相電圧を供給する。

接地形計器用変圧器を設けた3kV配電の回路例を図2.7-14、コンデンサ形接地電圧検出装置を設けた6kV配電の回路例を図2.7-15に示す。

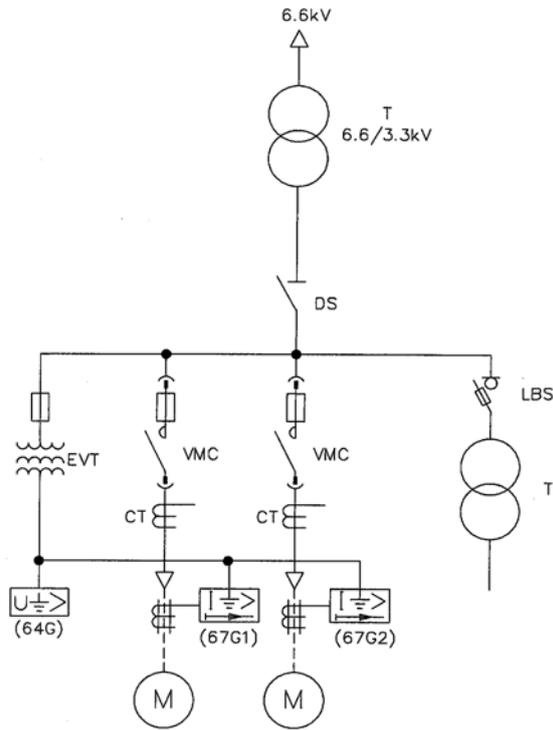
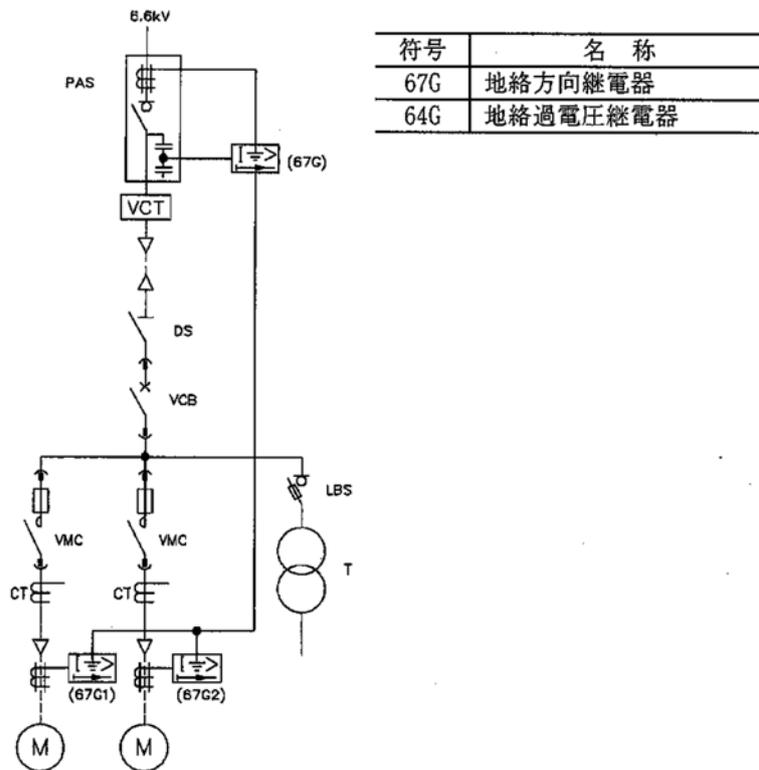


図 2.7-14 3kV 配電の回路例



符号	名称
67G	地絡方向継電器
64G	地絡過電圧継電器

図 2.7-15 6kV 配電の回路例

(b) 低圧地絡保護

漏電遮断器の施設に関する内容は電気設備技術基準に、移動形若しくは可搬形電動器具の接続された電気回路は、労働安全衛生規則にその施設の基準が定められている。

電気設備技術基準の解釈において地絡遮断装置の設置等に関する条項は次のとおりである。

①地絡遮断装置の施設

第40条 地絡遮断装置の施設

水中ポンプ等水気のある場所に施設する器具の回路には漏電遮断器等の地絡遮断装置を設ける。

第162条 屋内電路の対地電圧の制限

第195条 火薬庫における電気工作物の施設

第228条 フロアヒーティング等の電熱装置の施設

第229条 パイプライン等の電熱装置の施設

第230条 電気温床等の施設

第234条 プール用水上照明灯等の施設

②地絡遮断装置の施設による接地工事などの緩和、省略

第19条 接地工事の種類

第29条 機械器具の鉄台及び外枠の接地

第242条 臨時配線の施設

地絡保護協調

電気設備技術基準に基づく地絡遮断装置の施設は、負荷機器の直前の分岐回路に漏電遮断器を設ければよいが、途中電路の漏電火災や地絡アークの保護を考える場合には、幹線、引込みの所にも設置することにより、後備保護を行うとともに地絡、漏電の発生箇所の発見が容易になる。

また、事故回線のみを切り離そうとする場合は上位の漏電遮断器には遅延形を採用し、地絡保護協調を取ることができる。

図2.7-16に地絡保護協調の一例を示す。図(イ)では、地絡電流が数百mA程度流れると分岐、幹線、引込口いずれかの漏電遮断器が動作し協調が取れない。

図(ウ)は幹線、引込口の漏電遮断器に遅延形を採用すると、地絡電流が数百mA程度流れるとまず分岐の漏電遮断器が動作し、次に幹線及び引込口の漏電遮断器が動作することになり、保護協調^{*1}が取れることとなる。

*1 事故が発生した場合下位の保護継電器が先に動作し、上位の保護継電器がバックアップするように設定することを行う

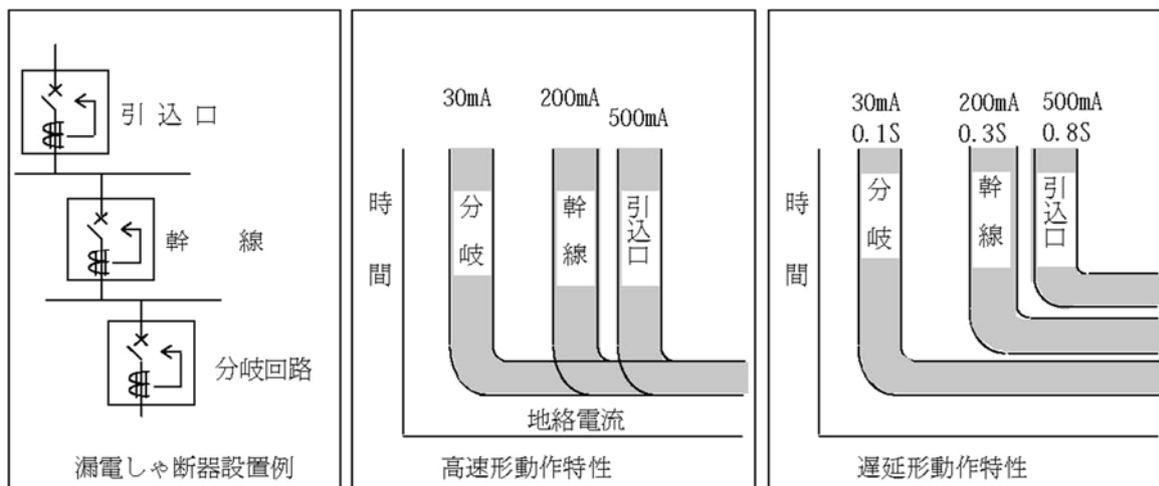


図 2.7-16 地絡保護協調

2.7.3 雷害対策

屋外の配電線系統に接続される受配電設備は、雷による異常電圧の進入を受けやすい機会が多く、これに起因する電気設備の故障は、全体の事故のうちでも相当大きな割合を占めている。

高圧受電設備指針によると、年間事故発生件数 1000～1300 件に対し雷害による事故は 15～20% に達している。

雷サージ発生回数を予測するために、普通、各地域の年間雷雨日数 (IKL Isokeraunic Level) が使われている。図 2.7-19 は、わが国の年間雷雨日数の地域別分布を示したもので、関東北部、岐阜、琵琶湖周辺、北陸、九州南部などは襲来が頻繁で 35 日以上に及ぶ所もある。特に北陸地方では冬季雷が多く発生する。

雷害対策に直接関係する落雷頻度は、雷の発生状況、地形、気象条件など地域の状況で異なり、一概にはいえないが、実測結果によると、年間雷雨日数 30 日の地域で 2.8～5.9 回/km²/年の範囲にある。

雷撃電圧の波形をモデルにしたものを図 2.7-17 に示す。

波頭長については、数 μs (マイクロ秒=100 万分の 1 秒)、半波高値の継続時間は数 μs ～100 μs 程度のものが大部分とされている。

雷害の被害を防ぐ方法としては、避雷器の設置、耐雷変圧器の設置等がある。

建屋を含む雷害対策としての避雷針の設置は別途建築付帯設備として検討する必要がある。

近年では、雷害対策として、電気設備や通信設備等の接地と、建屋の避雷針の接地を共通に接続することにより、各接地間の電位差が生じないように等電位化を図る等電位ボンディングという方法がある。

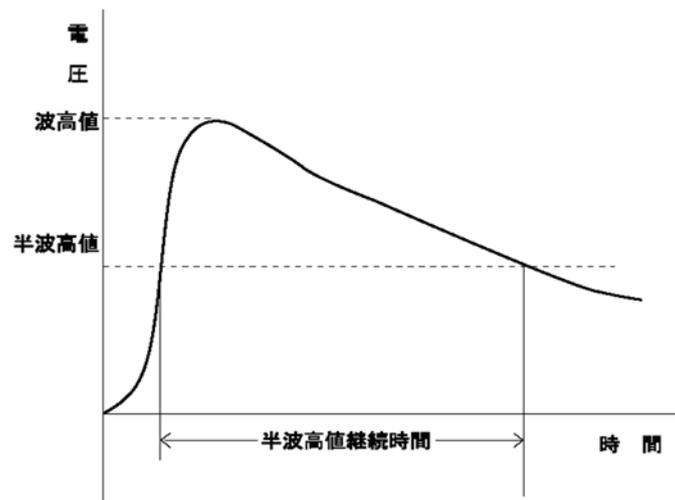


図 2.7-17 雷撃電圧波形モデル

(1) 雷害対策

雷害対策は、建築基準法、消防法及び JIS に基づき行うものとするが、設計に当たって特に留意する事項について記載する。

(a) 高圧受電部の雷害対策

自家用需要家の契約電力が 500 [kW] 未満の設備については避雷器の設置を義務付けられていないが、雷による危険は設備容量の大小に無関係であり、高圧架空電線路から供給を受ける引込口又はこれに近接する箇所に避雷器を設置し、機器の雷サージによる被害を低減する必要がある。

避雷器は、雷サージに対して機器、端子などとの絶縁協調^{※1}を保つために一般に使用され、これらの近くに設置すれば、絶縁協調の効果を高めることができる。しかし、雷直撃によるフラッシュオーバーを防止することはほとんど期待できないので、避雷器の設置は誘導雷サージの抑制による事故防止が主目的である。

誘導雷サージが避雷器の雷インパルス放電開始電圧より大きくなれば避雷器が放電し、避雷器設置点及びその近くのサージ電圧を機器の絶縁レベル以下に抑制することができ、絶縁協調が保たれる。絶縁協調を図る上では、各機器の絶縁耐力を理解する必要がある。

表 2.7-7 に絶縁協調対照表を示す。

(b) 高圧避雷器の特性と選定

避雷器の諸性能は、表 2.7-8 に示すように JEC-2374(2015) (:酸化亜鉛形避雷器)に定められている。この規格は 発電所用、線路用のように使用場所による区別は設けず、公称放電電流及び定格電圧によって表示し電力系統の特質に応じて使用者が選択使用することができる。

定格電圧 4.2 [kV] の避雷器は 3.3 [kV] 回路に、定格電圧 8.4 [kV] の避雷器は 6.6 [kV] 回路に適用される。

※1 避雷器の放電開始電圧が各高圧機器の耐電圧値以下に選定されていることをいう。

また、発電所用として公称放電電流 10 [kA] 及び 5 [kA] の避雷器が使用され、線路用としては 2.5 [kA] 避雷器が適用されており、需要家引込口も通常 2.5 [kA] 避雷器が使用される。

しかし、設置場所によっては 5 [kA] 避雷器が使用されることもある。

(c) 高圧避雷器の接地

需要家における避雷器の接地抵抗は電気設備技術基準の解釈第 42 条で 10 Ω 以下に規制されている。

避雷器の接地は単独接地とする規定はないが、接地網を用い接続して接地する以外は単独接地とすることが一般的である。

(d) 耐雷変圧器

耐雷変圧器は低圧配電線又は変圧器を介し進入する雷サージから通信用設備やコンピュータ設備等の弱電機器を保護することを目的に電源の幹線に設置される。耐雷変圧器は低圧変圧器の一次と二次に低圧避雷器や非直線性素子^{*1}等を接続し、ケースに収納され単独又は配電盤内に設置し使用される。耐雷変圧器の容量は表 2.7-6 による。

表 2.7-6 耐雷変圧器の容量

一次電圧	二次電圧	容 量 [kVA]										
100V 単相	100V 単相	0.5	1	2	3	5	7.5	10	15	20	30	
200V 単相又は三相	200V 単相又は三相	0.5	1	2	3	5	7.5	10	15	20	30	50

耐雷変圧器の回路例を図 2.7-18 に示す。

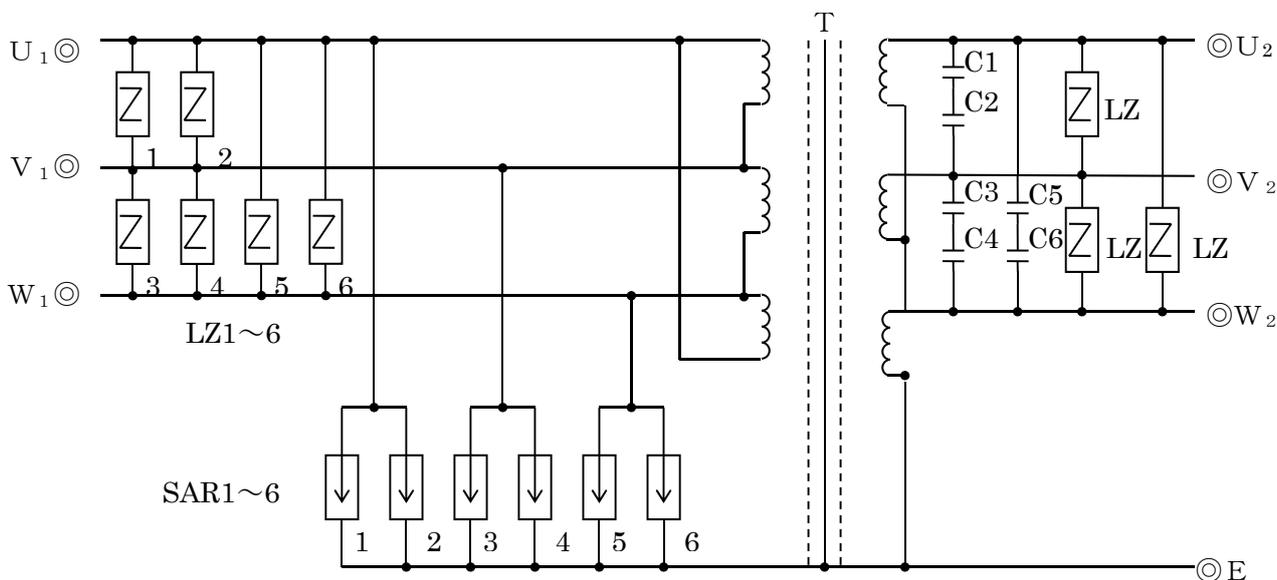


図 2.7-18 耐雷変圧器の回路例

(e) SPD (アレスタ又は避雷器ともいう)

SPDは雷サージのような異常な過電圧に対してのみ動作し、雷サージ処理後は元の正常な系統状態に自動復帰する機能を持つものである。電源用や通信信号用SPDがある。(参考:水管理制御方式技術指針の 5.2.3 建築物内の電気・電子設備の雷サージ保護(雷サージの低減)(2)SPDの設置、5.3 SPDの機能と種類)

(f) 計装用回路の雷害対策

計装機器において、屋外露出配管等があるところにおいては検出器及び屋内側ケーブル接続部に信号用避雷器を設置し雷害対策を行う。

※1 電圧が増大すると抵抗が著しく減少する特性を有する素子(一般にバリスタと呼ばれている)

検出器には避雷器を内蔵している場合もある。

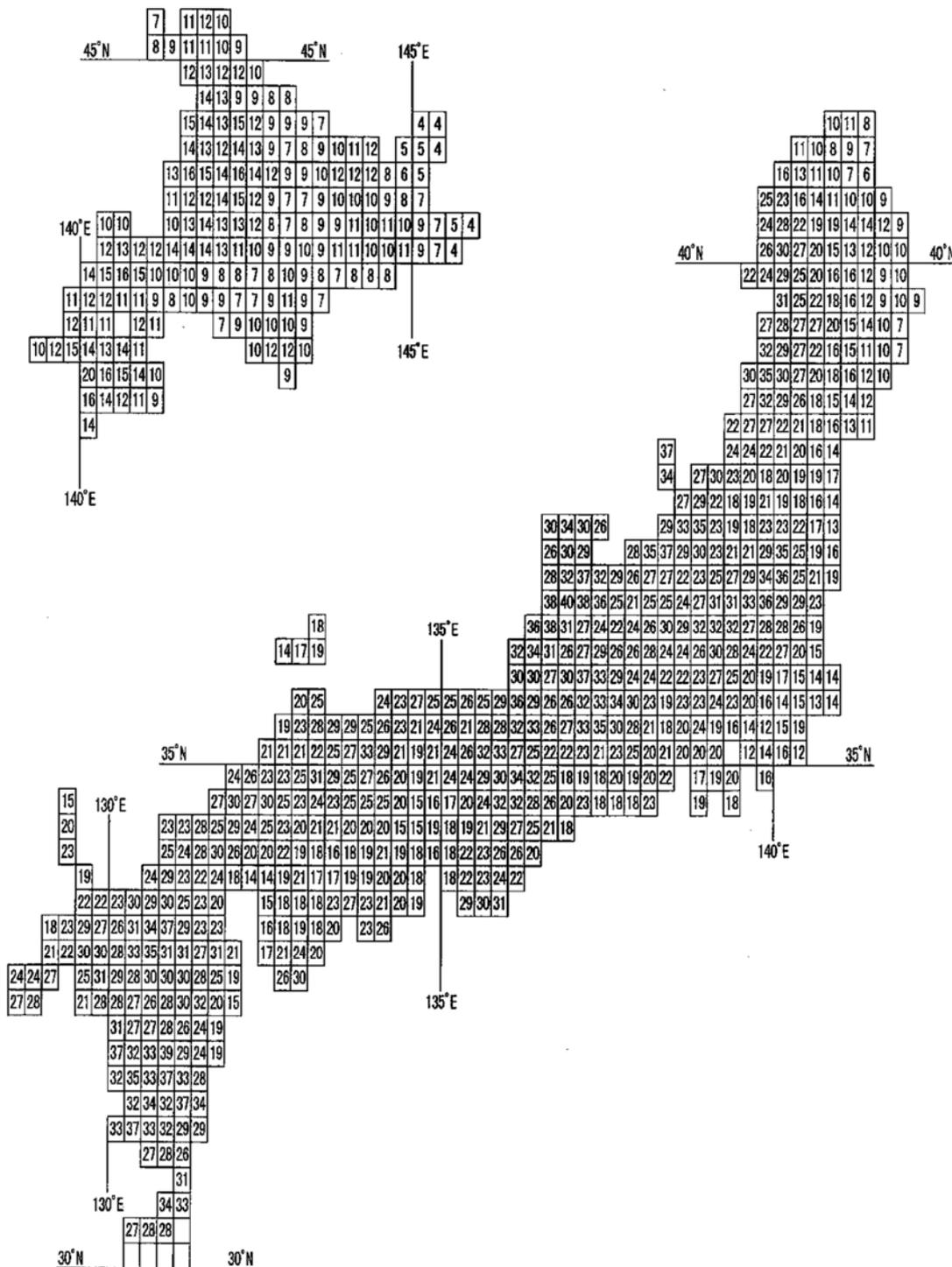


図 2.7-19 年間雷雨日数分布 (10年平均)

(電力中央研究所研究報告 : 175030)

表 2.7-7 絶縁協調対照表

電圧クラス		3 kV 系		6 kV 系		備 考
絶縁強度		3A	3B	6A	6B	旧 JEC による表現
雷インパルス耐電圧	kV	45	30	60	45	
発電所用避雷器 (5kA 避雷器)	放電開始電圧 [kV]	17		33		この値以下になること
	制限電圧 [kV]	13		25		放電電流 2.5 [kA]
	制限電圧 [kV]	15		30		放電電流 5 [kA]
配電線路用避雷器 (2.5kA 避雷器)	放電開始電圧 [kV]	17		33		この値以下になること
	制限電圧 [kV]	17		33		放電電流 2.5 [kA]
耐張碍子	個 数			1		
	50%フラッシュオーバー電圧 [kV]			90		
ピン碍子	普 通 形	高 圧		高 圧		
	50% フラッシュオーバー電圧 [kV]	85		85		
支持碍子	耐 電 圧 [kV]	50		60		屋外用 (外雷)
断路器	耐 電 圧 [kV]	45		60		屋内用 (外雷なし)
遮断器	耐 電 圧 [kV]	50		60		
負荷開閉器						
捲線形計器用変圧器	全波耐電圧 [kV]	45	30	60	45	
	さい断波耐電圧 [kV]	55	40	70	55	
捲線形計器用変流器 変 圧 器	全波耐電圧 [kV]	45	40	60	50	
	さい断波耐電圧 [kV]	55	40	70	55	
電力ヒューズ	耐 電 圧 [kV]	45	30	60	45	

表 2.7-8 避雷器特性表 JEC-2374 (2015) 直列ギャップ付避雷器)

番 号	定格電圧 〔実効値〕 [kV]	公称電圧 〔実効値〕 [kV]	商用周波 放電開始 電 圧 〔下限値〕 〔実効値〕 [kV]	雷インパルス放電開始電圧 (上限値) (波高値) [kV]				雷インパルス制限電圧 (上限値) (波高値) [kV]	
				5 [kA] 避雷器		2.5 [kA] 避雷器		5 [kA] 避雷器	2.5 [kA] 避雷器
				標準	0.5 [μS]	標準	0.5 [μS]	5 [kA]	2.5 [kA]
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	4.2	3.3	6.9	17	19	17	20	15	17
2	8.4	6.6	13.9	33	38	33	38	30	33

番 号	耐電圧 [kV]	
	雷インパルス 電圧 (波高値)	商用周波 電圧 (実効値)
	(10)	(11)
1	45	16
2	60	22

2.8 監視制御方式

電気設備を管理運営するに当たり、状態監視及び制御・操作等に必要な管理項目等はポンプ、ゲート及びバルブ等の全体施設配置や管理計画の中で検討される場合が多い。電気設備の監視・操作項目は表 2.8-1 に示すように受電電圧・受電電流・受電電力量・遮断器操作・受電表示等が一般的であり、非常用発電装置がある場合も同様の監視・操作項目を設ける。

監視・操作場所は機側のほか、現場管理所に設ける遠隔監視操作卓又は中央管理所に設ける遠方監視操作卓から各施設の操作・監視が行われる場合が多い。遠隔・遠方監視操作卓からの監視・操作内容については、各施設の規模・使用目的・使用条件・管理体制等の地区における実状を勘案し決定するものとする。

監視制御方式の形態としては、次の3通りが一般的であり、運転監視制御設備の詳細は、水管理制御方式技術指針（計画設計編）を参照とする。

- 1) 現場施設が個々に閉塞した管理形態で、操作員の巡回等による運転管理を行う場合（図 2.8-1(1)）
- 2) 複数の現場施設等を監視・制御するための遠隔管理施設を近傍に設置し一体的な運転管理を行う場合（図 2.8-1(2)）
- 3) 広域に配置された現場施設等を直接的若しくは遠隔管理施設を経由して監視・制御するための中央（遠方）管理施設を設置し一体的な運転管理を行う場合（図 2.8-1(3)）

管理項目表（用水ポンプ場）の例を表 2.8-1 に、また図 2.8-2 に遠隔監視操作卓を図 2.8-3 に遠隔監視操作卓外観例を示す。

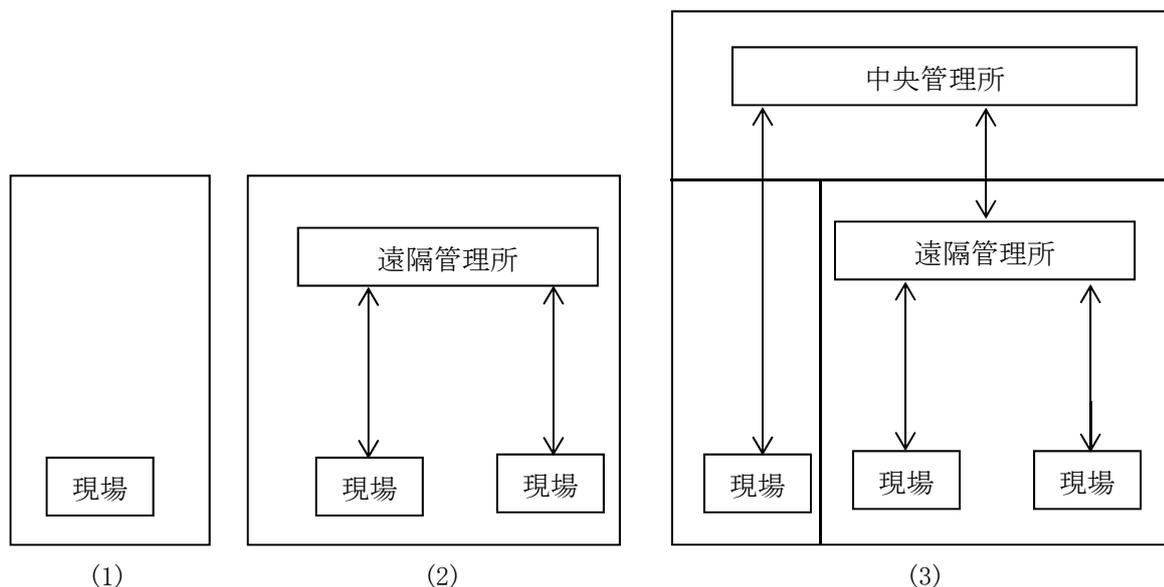


図 2.8-1 監視制御方式の例

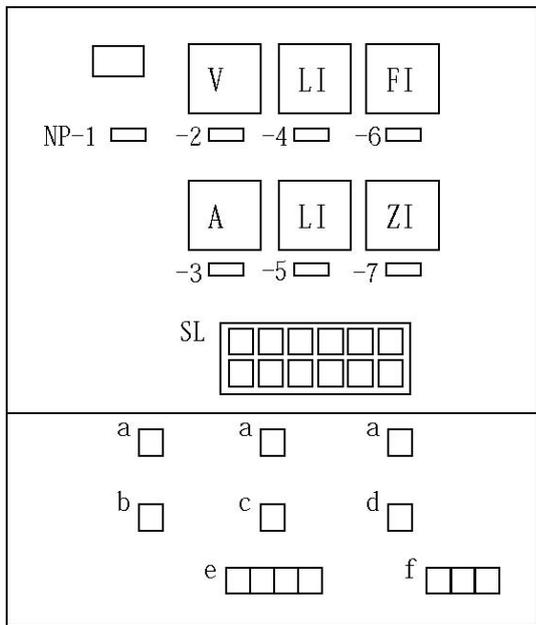
表 2.8-1 管理項目表（用水ポンプ場）の例

[凡例] △ 機能
○ 中央管理所
◇ 現場管理所
◎ 中央管理所+現場管理所

局名(施設名)	管理項目	設置台数	台当たり台数	計	データ入出力受け渡し条件			現場(制御・遠隔)			中央管理所			情報提供 ^(*)			備考			
					入力信号	桁数	最小単位【設定範囲】	搬送	表示	操作・制御		大型表示装置	情報処理			その他の処理		XM11配信	XM12配信	XM13配信
										手動	自動		表示	表示	表示					
用水ポンプ場	吸水槽水位	1	1	1	DC1~20mA	BCD3桁	0.0m (1cm)	0.00~3.00	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	異常上昇、異常低下	
	吸水槽水位警報	1	2	2	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○					○	○	○	○	○		
	吐水槽水位	1	1	1	DC1~20mA	BCD3桁	0.0m (1cm)	0.00~3.50	△					○						
	吐水槽水位警報	1	2	2	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○					○					異常上昇、異常低下	
	送水流量	2	1	2	DC1~20mA	BCD3桁	0.00m ³ /s	0.000~0.999	○	△				○						
	送水流量警報	2	1	2	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)	BCD3桁	10m ³ /P	0~999	○					○						
	用水ポンプ (操作・制御場所)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					機間、遠隔、遠方	
	用水ポンプ (制御モーター)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					手動、自動	
	用水ポンプ (制御指令)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					手動、自動	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止	
用水ポンプ	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
用水ポンプ	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
用水ポンプ	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
用水ポンプ	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	
	用水ポンプ (状態)	2	2	4	無電圧連絡接点 (DC24V 30mA)				○	△				○					運転、停止等	

(*)1) 監視警報互換性 C:チャネル(センサ)、B:プンプ(グループ)、E:電子表示(表示)
 (**)XM11:配信とは、四速線にてXM11ファイル形式でデータを送信し、配信するデータが関係機器との協議により決定する。
 XM12:配信とは、運用者が運用監視よりパソコンのInternet Explorerや携帯電話のmodeem等でデータ閲覧を行うことを指す。
 XM13:配信とは、運用者が運用監視より携帯電話等の携帯端末メールを送信する機能を指す。

凡例



記号	名称
NP-1	受電電力量
-2	受電電圧
-3	受電電流
-4	吸水槽水位
-5	吐水槽水位
-6	送水流量
-7	制水弁開度

S L

受変電 設備異常	吸水槽 水位異常	吐水槽 水位異常	操作室 異常
受電 遮断器 トリップ	ポンプ 故障	制水弁 故障	

a
中央

(ランプ)

b	
受電遮断器	
切	入

(スイッチ
+ランプ)

c	
ポンプ	
停止	運転

(スイッチ
+ランプ)

d	
制水弁	
閉	開

(スイッチ
+ランプ)

e			
切・手動 停止・閉	停止	入・自動 運転・開	リセット

(スイッチ)

f		
警報停止	故障復帰	ランプ テスト

(スイッチ)

図 2.8-2 遠隔監視操作卓 盤面例

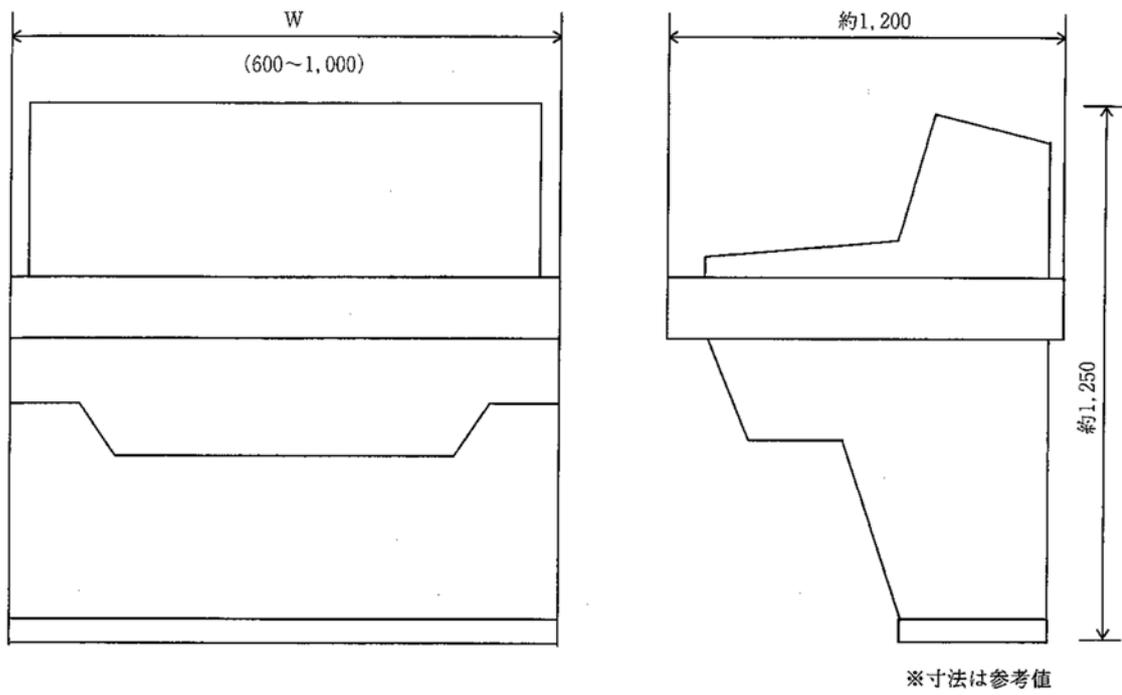


図 2.8-3 遠隔監視操作卓外観図例