

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。

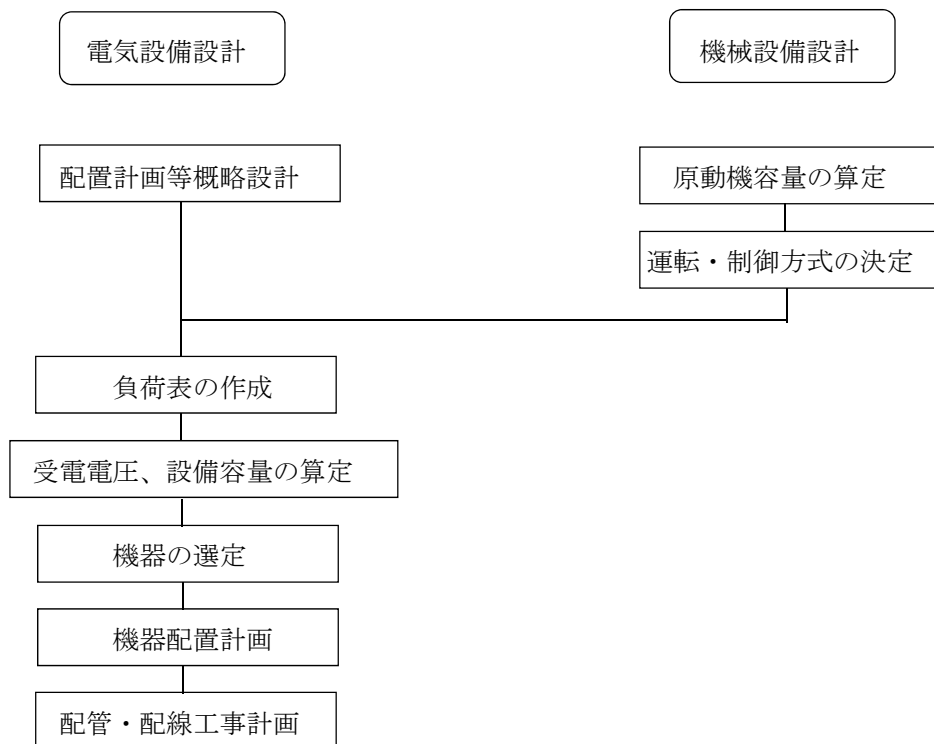
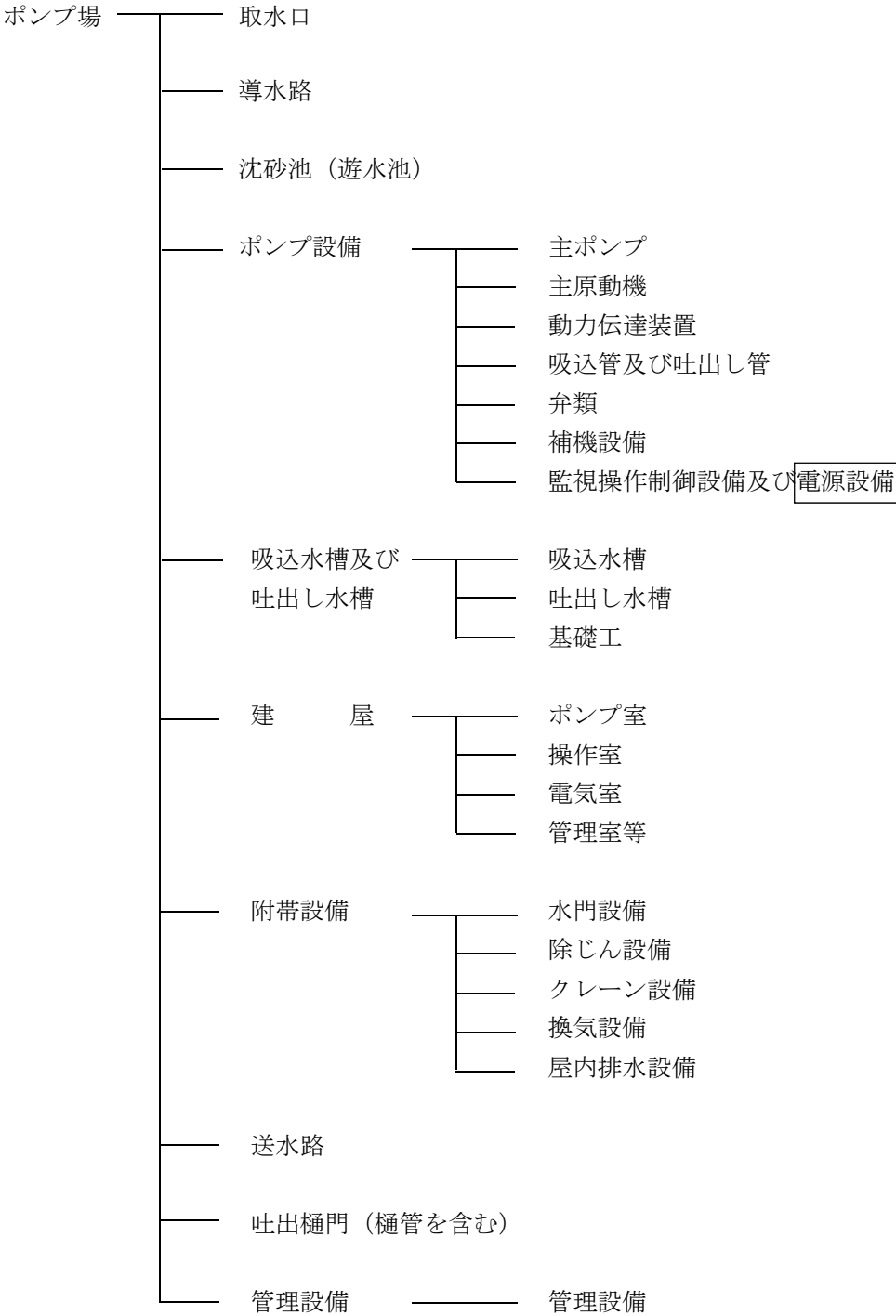


図 2.1-1 機械設備設計と電気設備設計の関係図

(2) 農業水利施設における電気設備の位置付け

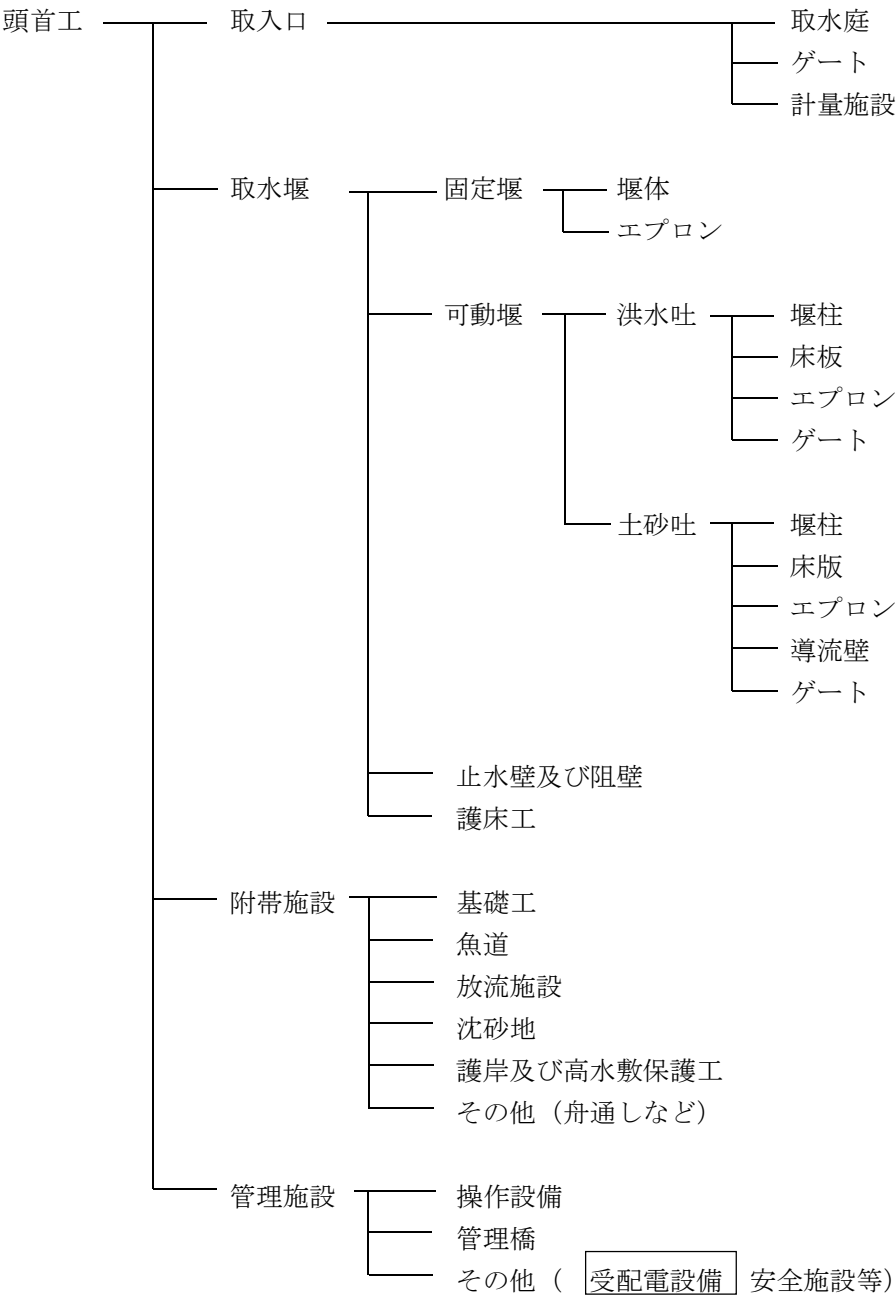
農業水利施設における電気設備の位置付けをポンプ場、頭首工を例に図 2.1-2、図 2.1-3 に示す。

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。



※ 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。

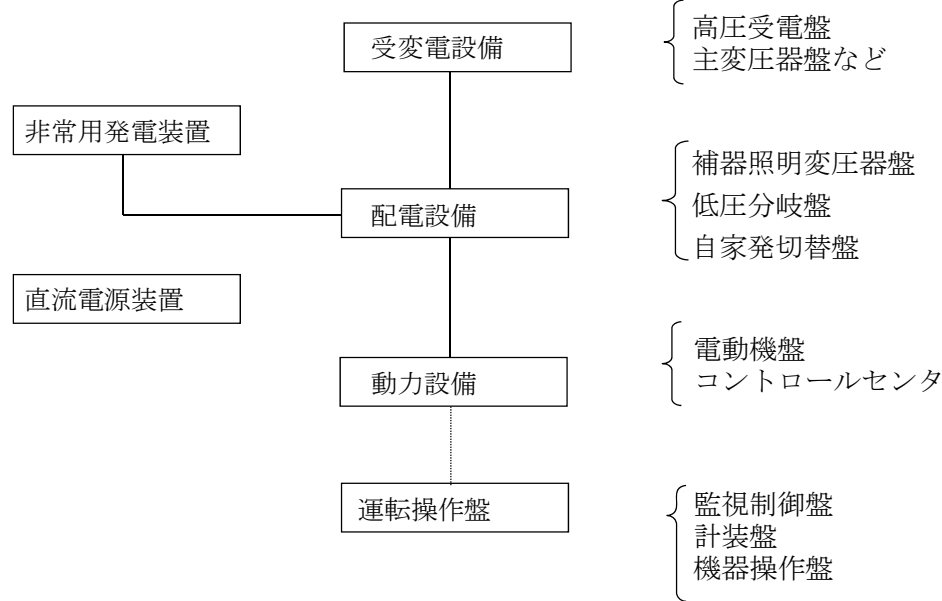


図 2.1-4 電気設備の基本構成

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 1～5 V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。	

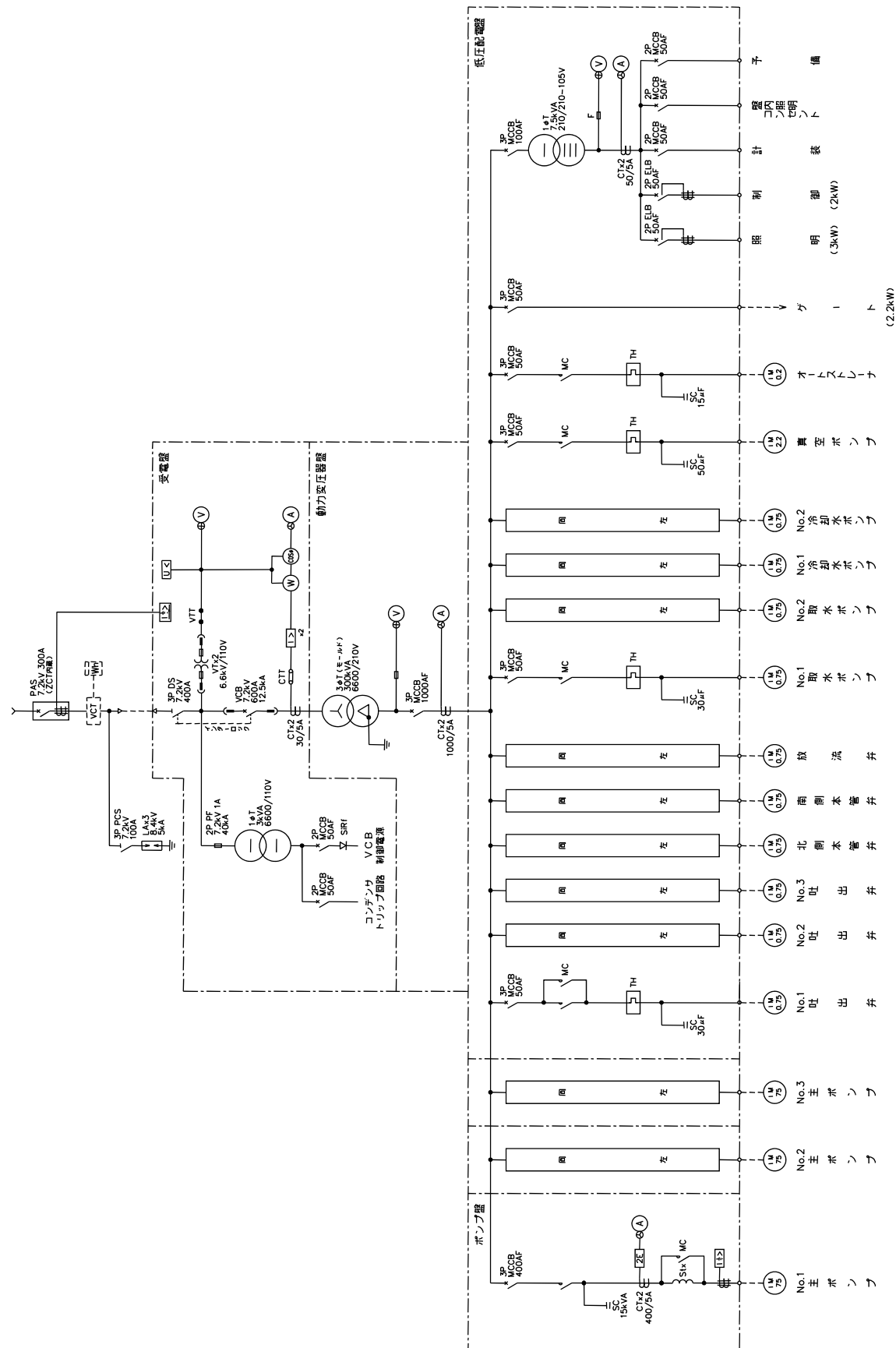


図 2.1-5 単線結線図 (例)

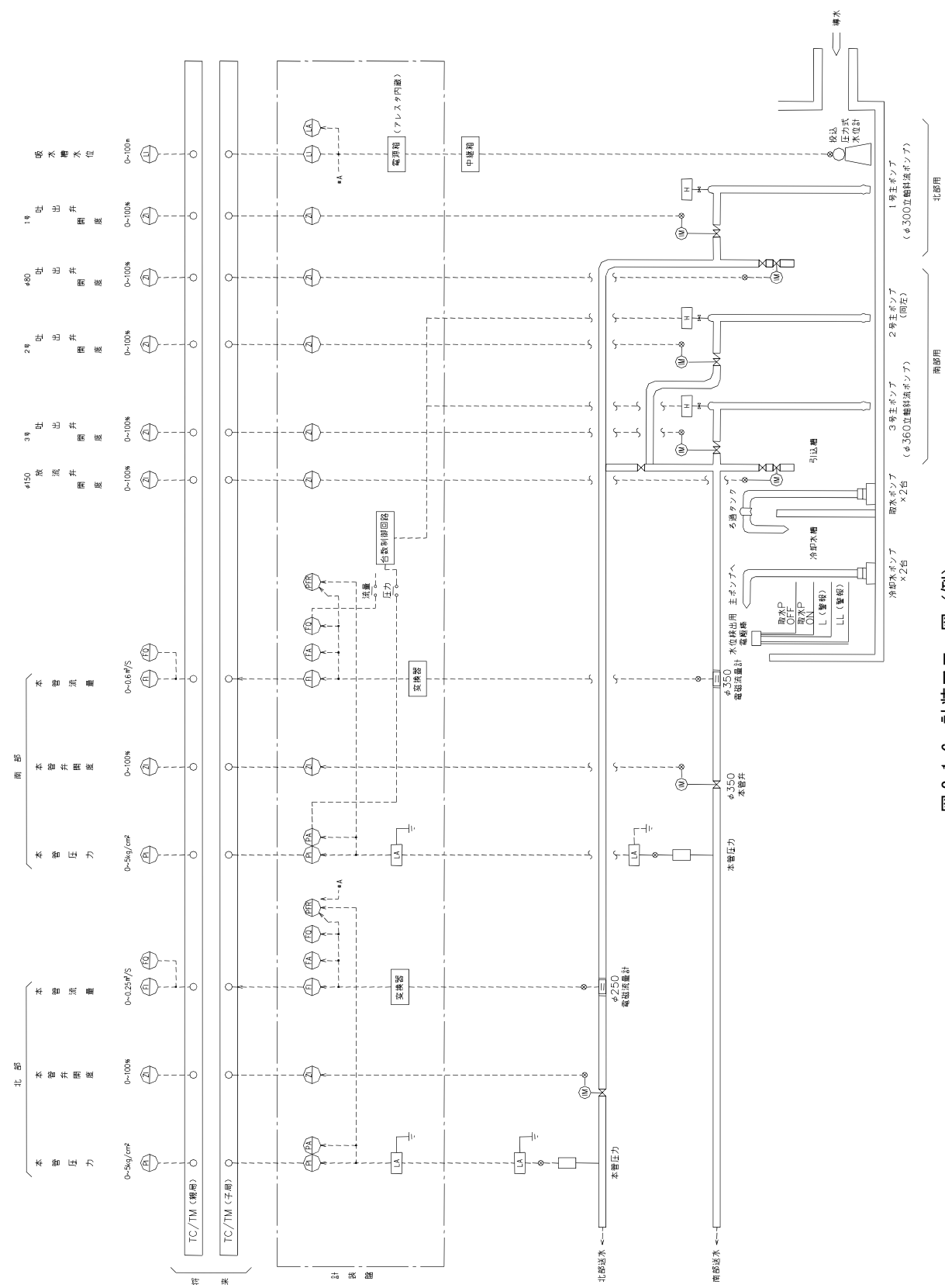


図 2.1-6 計装フロー図 (例)

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 _o [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	$P_{in} \times \beta$ [kW]	$P_q \times \beta$ [kvar]	$P_s \times \beta$ [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

- $P_o = P \times$ (設備台数－予備台数) [kW]
- $P_{in} = P_o / \eta$ [kW]
- $P_q = P_s \times \sqrt{1 - (pf)^2}$ [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 【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% 【高圧B】 中規模工場 電力量 9% 【高圧A】 小規模工場 電力量 9% 【低圧】小規模工場、コンビニ 電力量 5% 【電灯】家庭 電力量 31%	自由化部門 【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% 【高圧A】 小規模工場 電力量 9% 【高圧業務用】 500kw未満 電力量 14% 【低圧】小規模工場、コンビニ 電力量 5% 【電灯】家庭 電力量 31%	自由化部門 【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% 【低圧】小規模工場、コンビニ 電力量 5% 【電灯】家庭 電力量 31%
[2,000kw] (20,000V)			
[500kw]			
[50kw] (6,000V)			
(100～ 200V)			

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 最 の 大 か 入 ら 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。

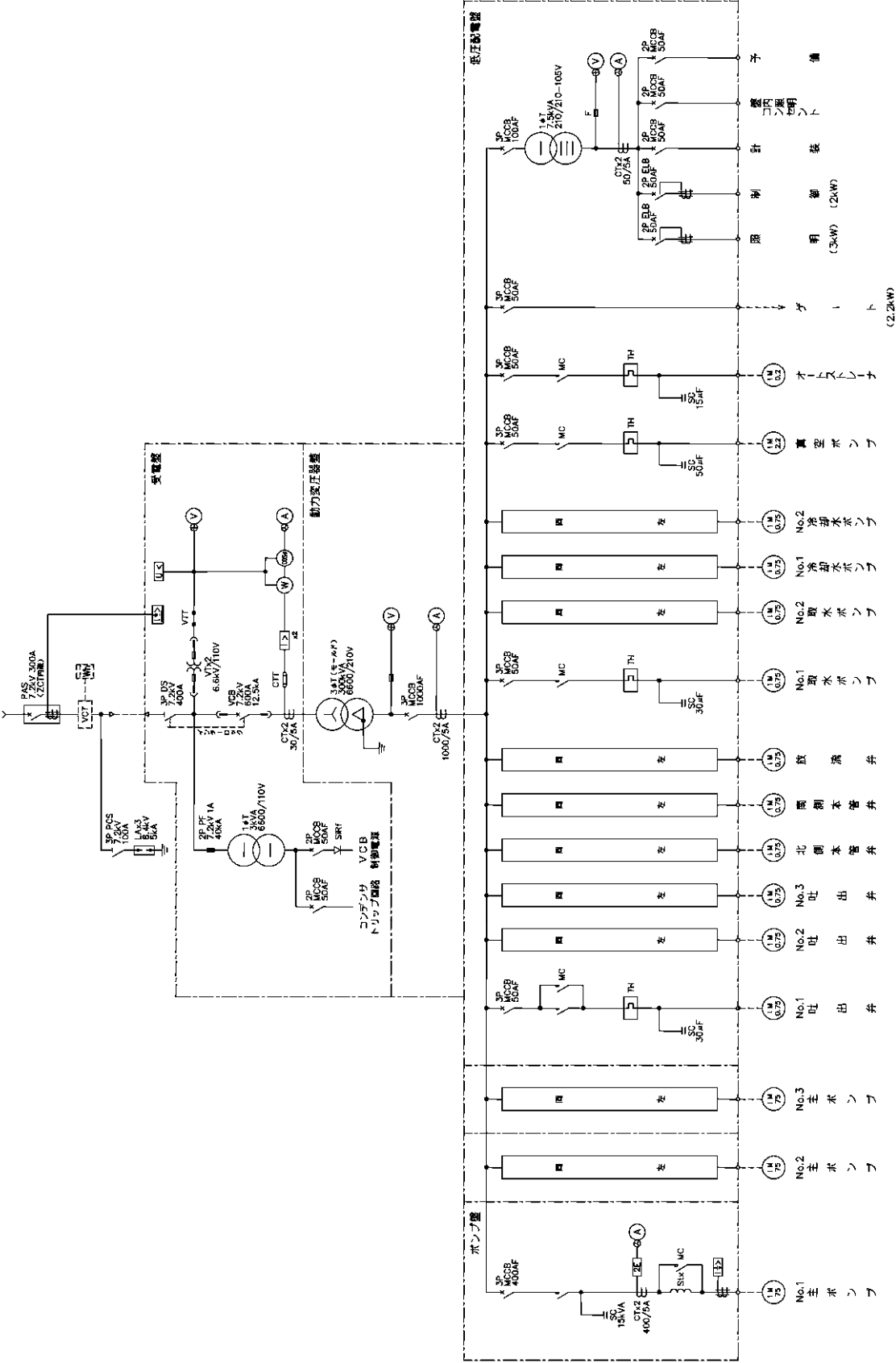


図 2.2-1 単線結線図 (例)

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	高圧	特別高圧					
	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) 特別高圧受電電圧は、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系統の事情によるが、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（低圧）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。

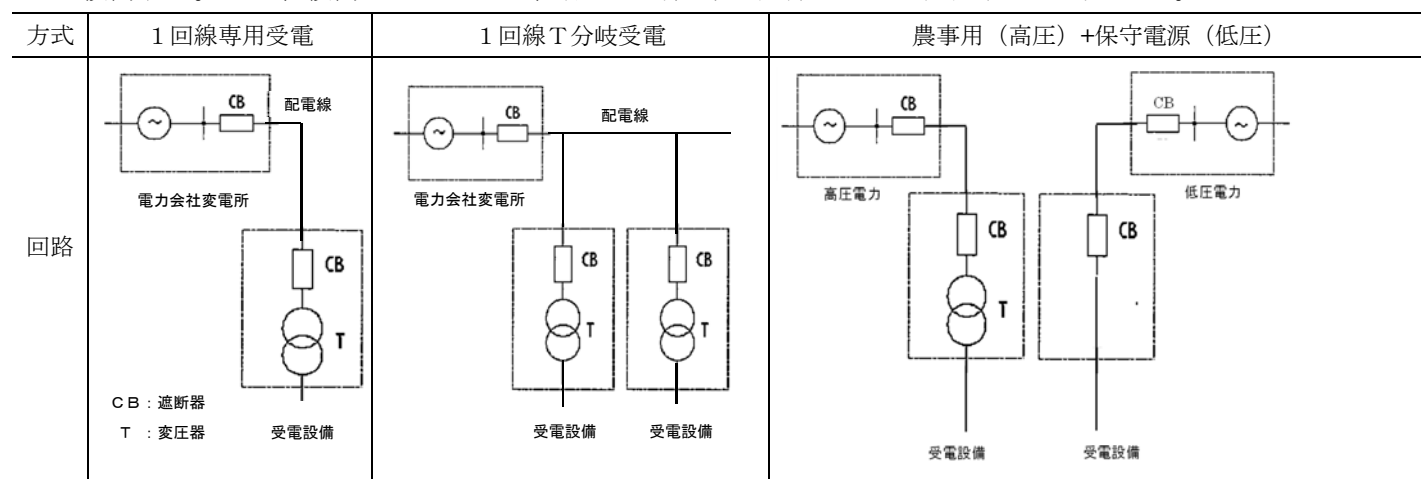


図 2.3-1 1回線受電回路図と高圧＋低圧受電回路図

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。

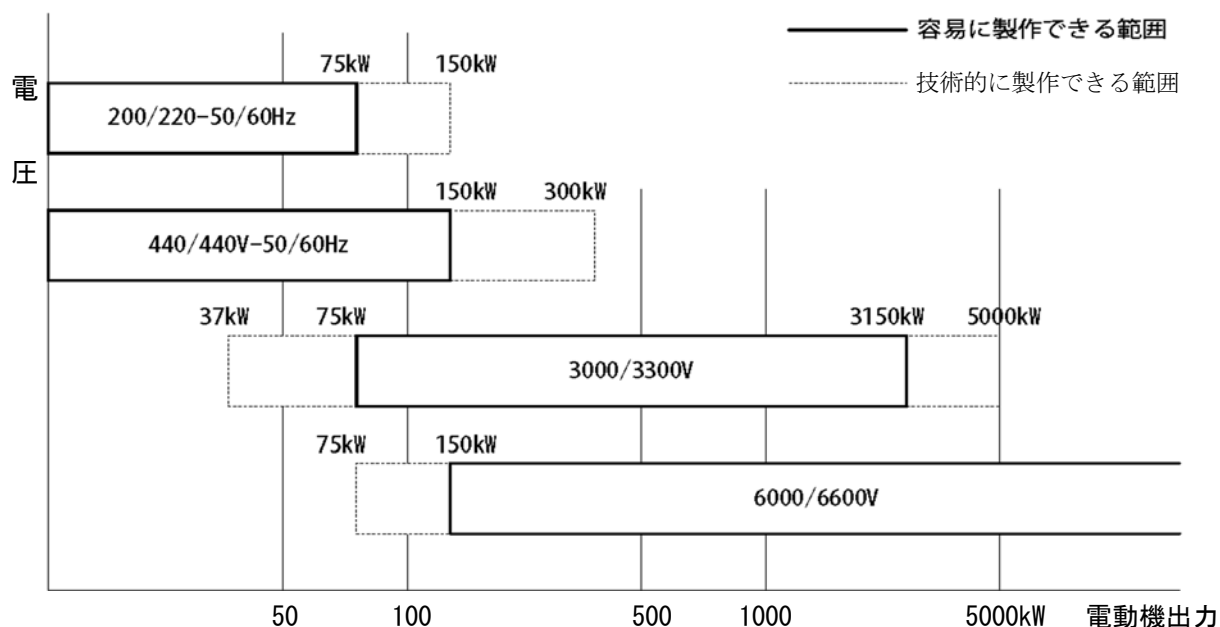


図 2.4-1 三相誘導電動機定格出力と電圧の関係

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。

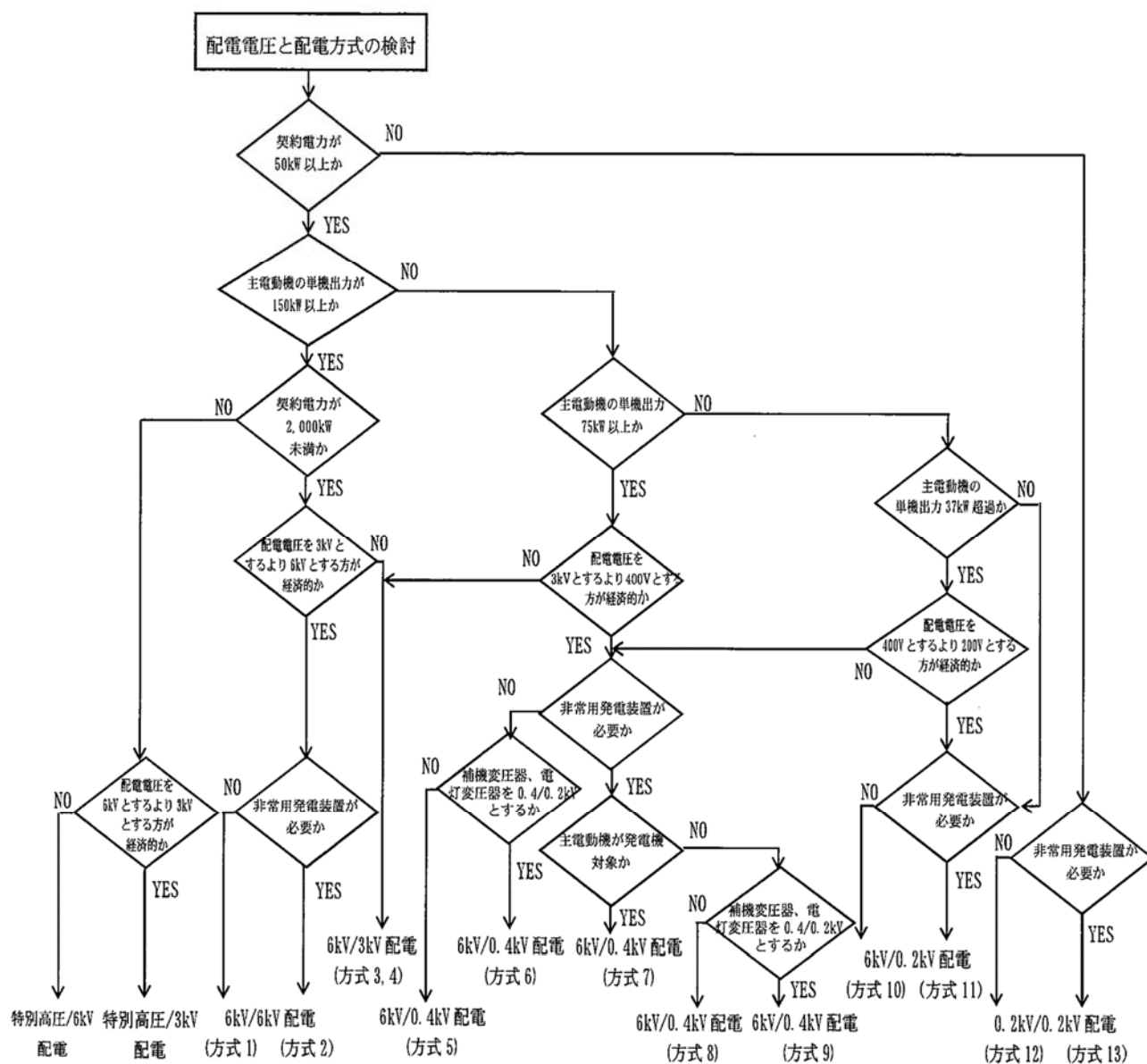
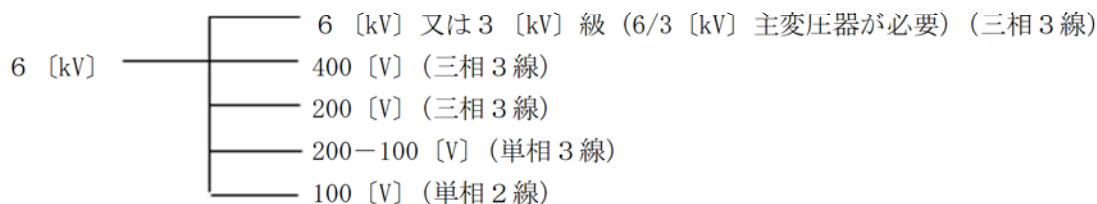
(1) 配電電圧

(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の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。

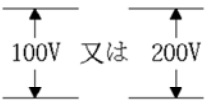
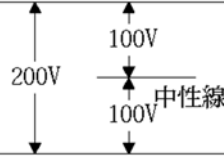
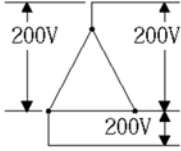
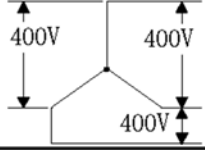
ただし、これらは絶対的なものではないので、弾力的に運用してもよい。

(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。

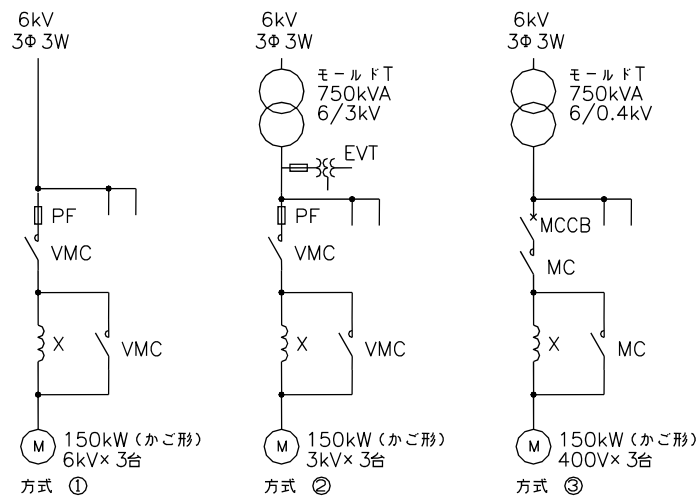


図 2.4-3 経済比較基本図（設備容量 1000 [kVA] 未満の場合）

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。

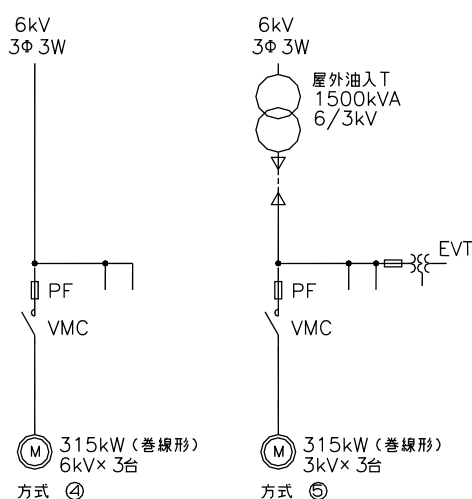


図 2.4-4 経済比較基本図（設備容量 1000 [kVA] 以上の場合）

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

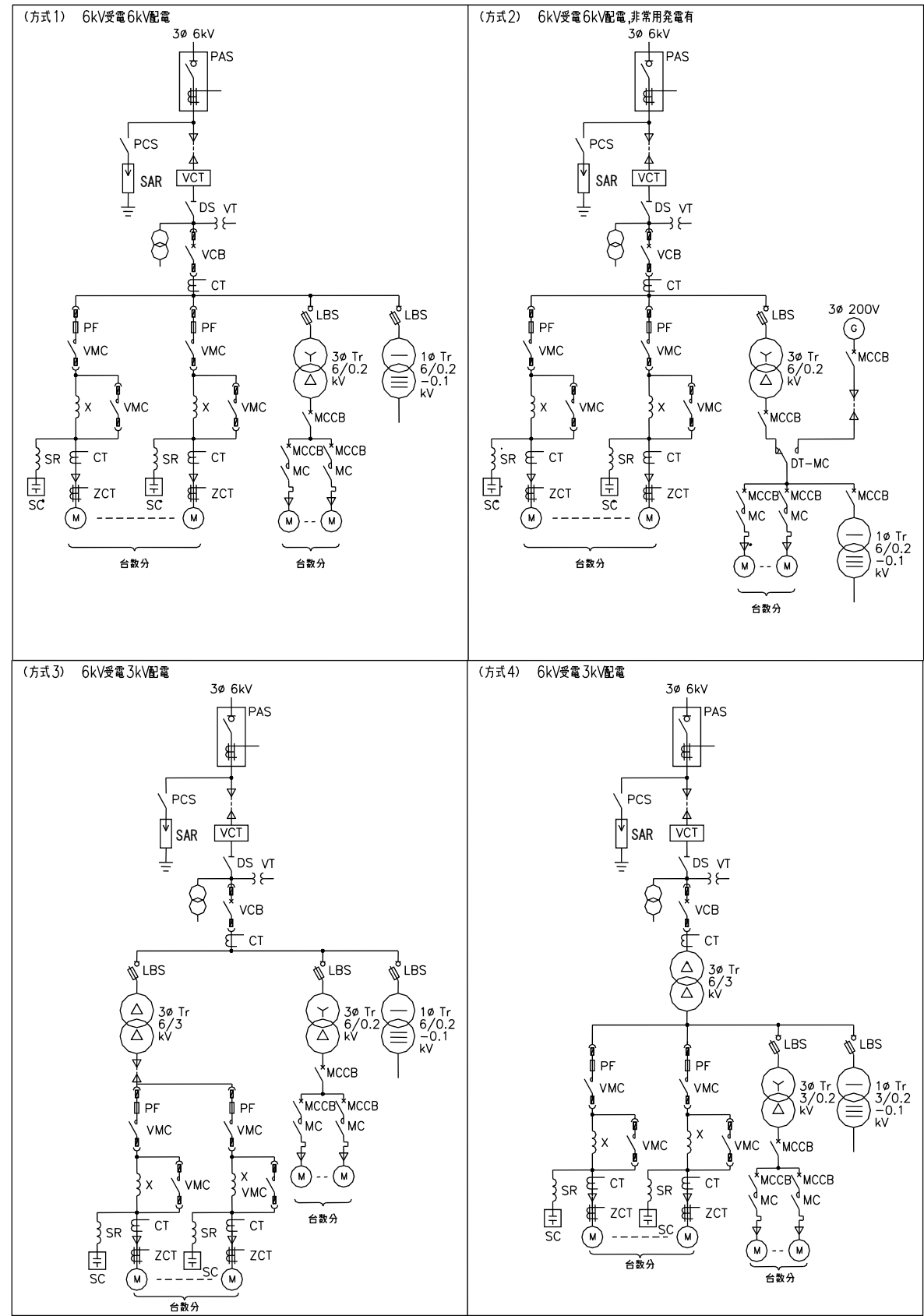


図 2.4-5 各種配電方式 (その1)

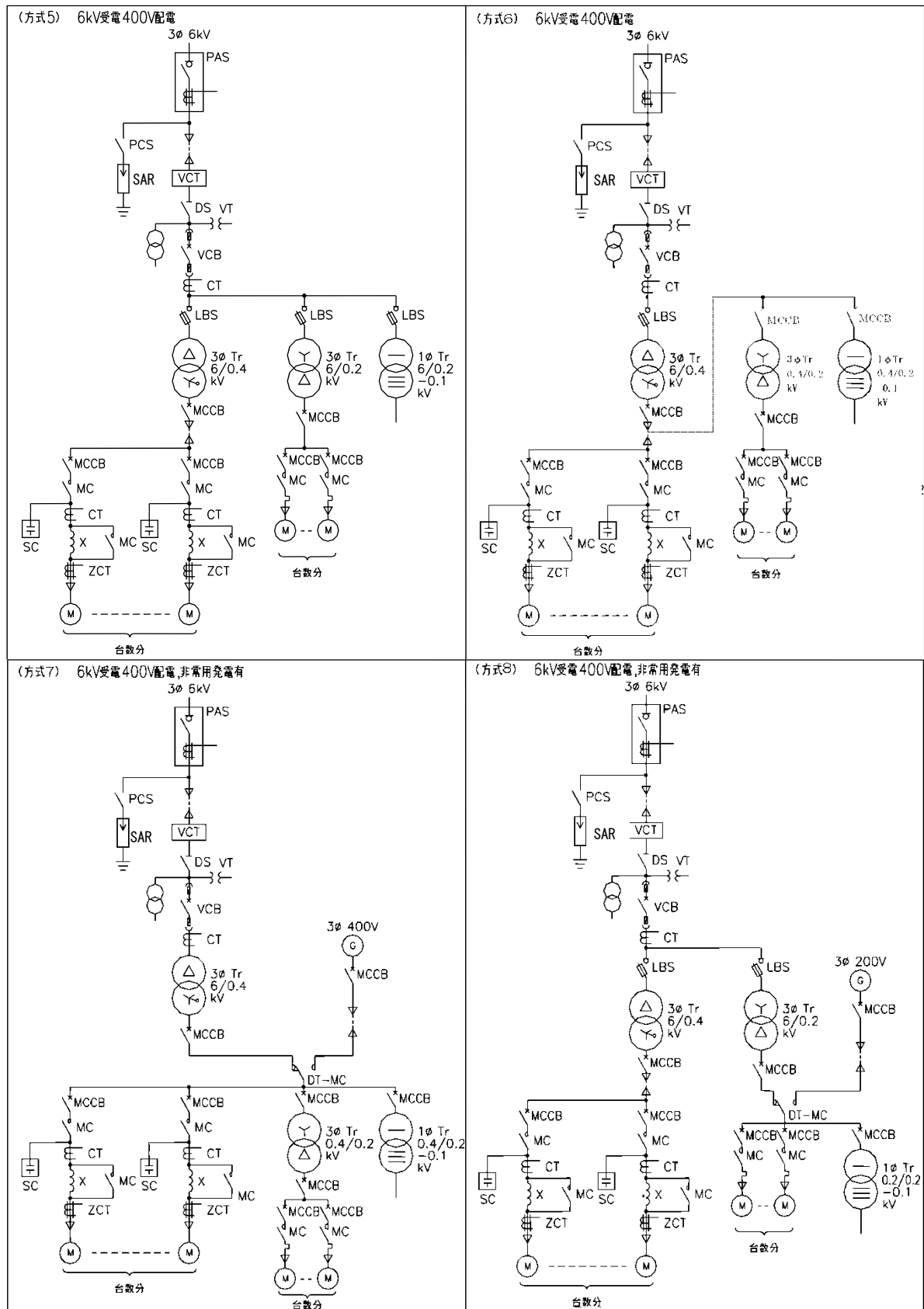


図 2.4-5 各種配電方式 (その2)

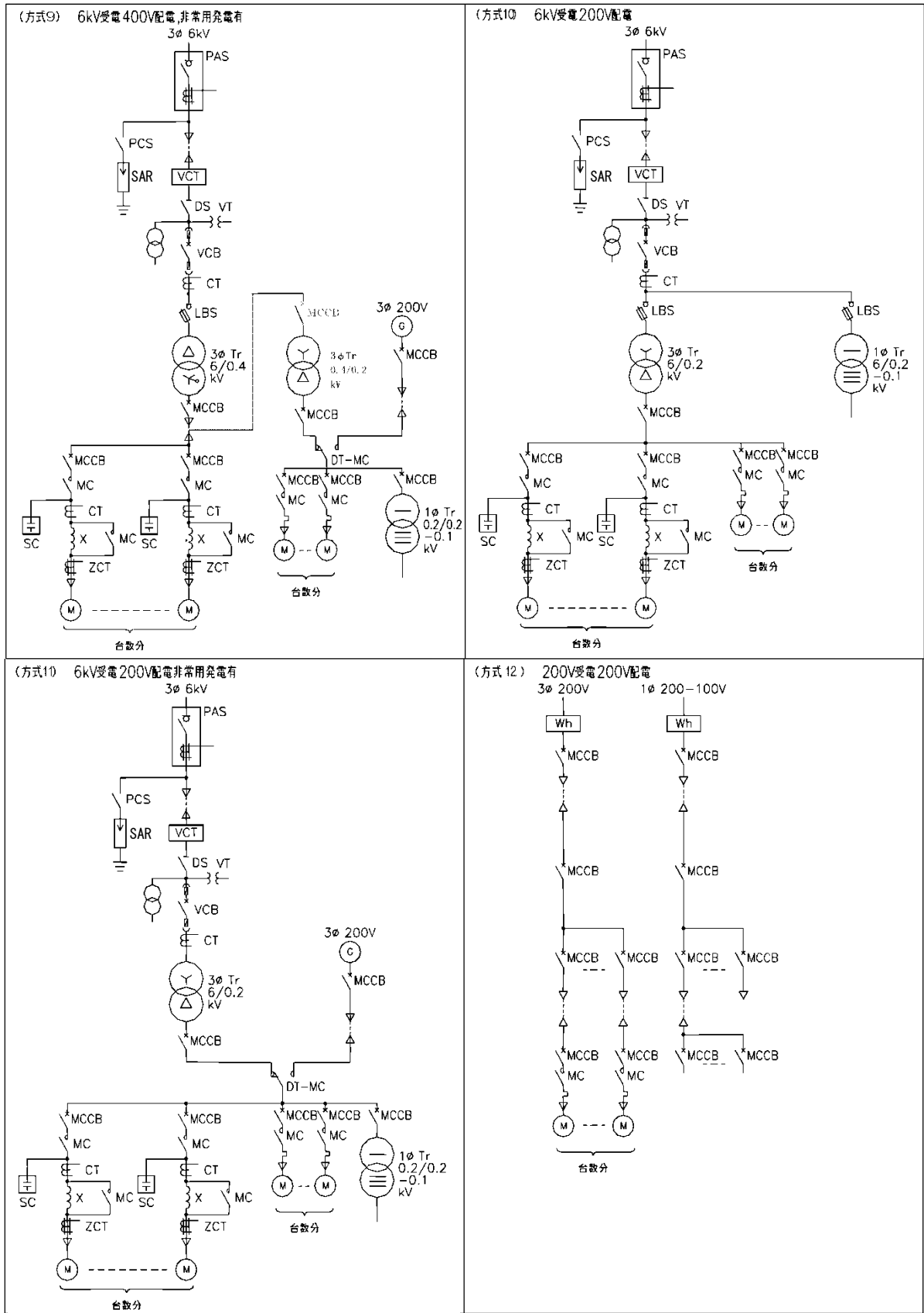


図 2.4-5 各種配電方式 (その3)

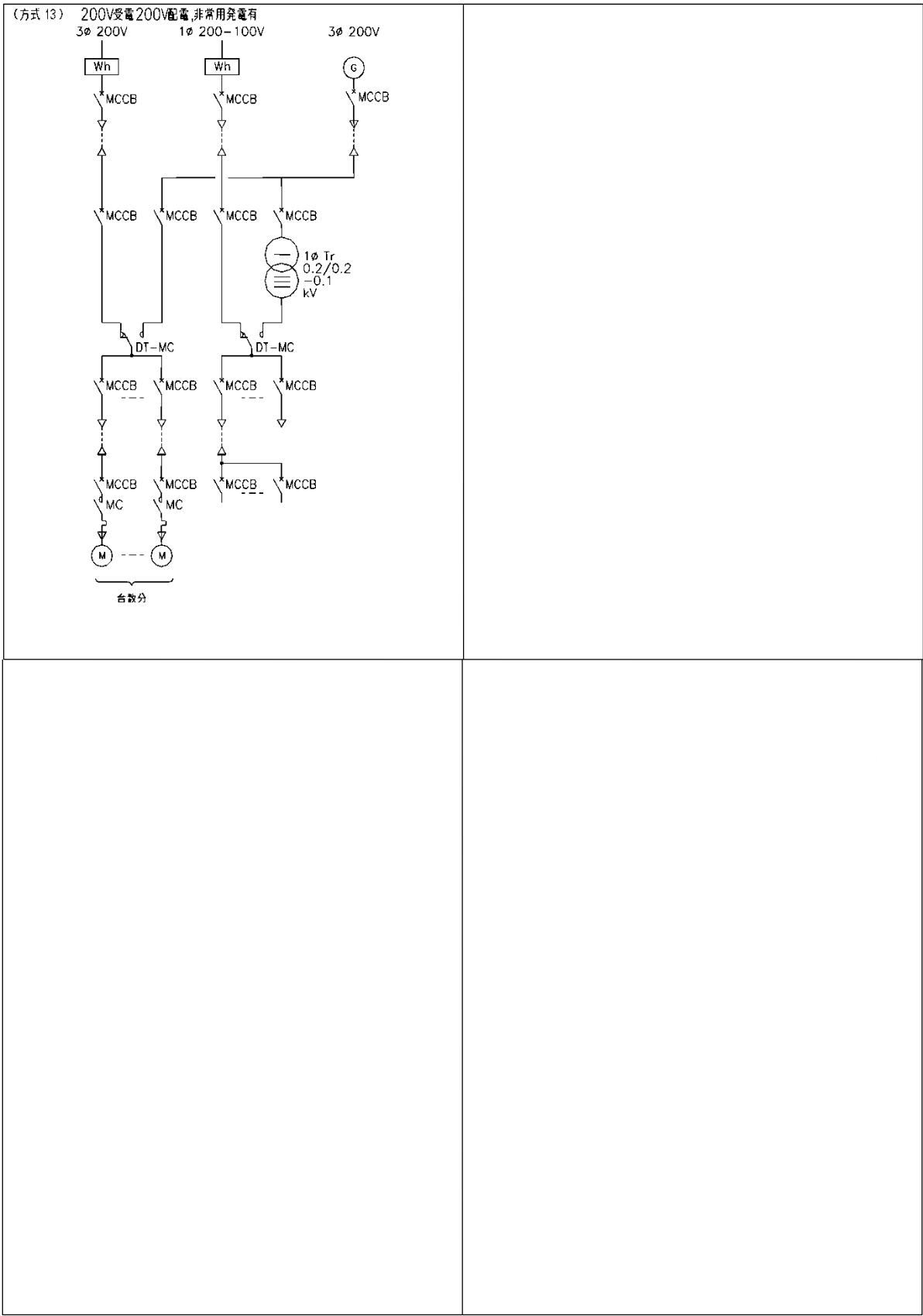


図 2.4-5 各種配電方式（その 4）