

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) 電圧降下の改善

線路を流れる電流が減少することにより、線路における電圧降下も小さくなり、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、電圧降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。

100 [%] × (電熱器総容量) + 90 [%]

× (力率 90 [%] の機器総容量)

+80 [%] × (力率 80 [%] の機器総容量)

加重平均力率 [%] =

機器総容量

.....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。

平均力率=

有効電力量

$\sqrt{(有効電力量)^2 + (無効電力量)^2}$

.....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

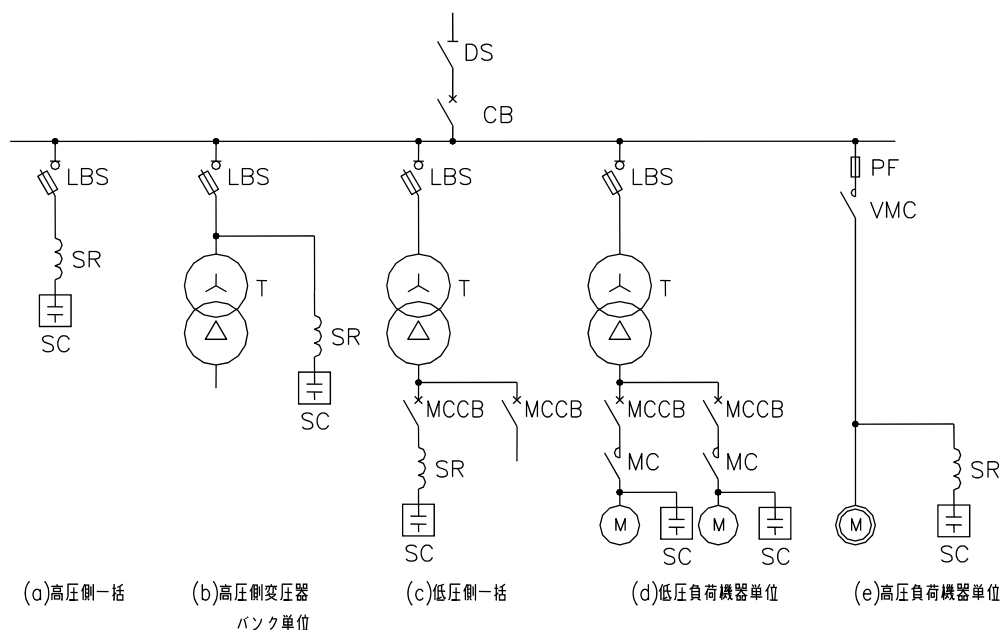
電気設備の負荷は、白熱電灯や電熱器のように、純抵抗に近い負荷（力率 ≈ 100 [%]）のほかに、誘導電動機などの誘導負荷（力率 $\approx 50\sim 80$ [%]）が数多くあり、受電設備全体としては、力率が70 ~ 80 [%]程度となる。力率を改善する方法としては進相コンデンサを設置し、進み電流を供給し無効電流を低減させる。

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、全負荷に近づくにつれて力率が良くなる。

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성에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

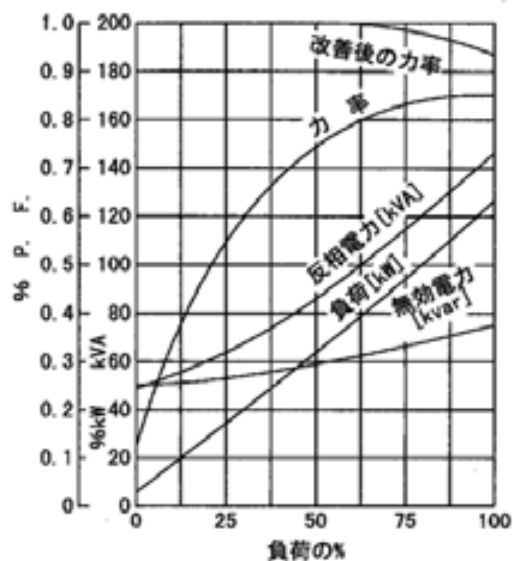


図 2.5-2 誘導電動機の特性と
力率改善効果の一例

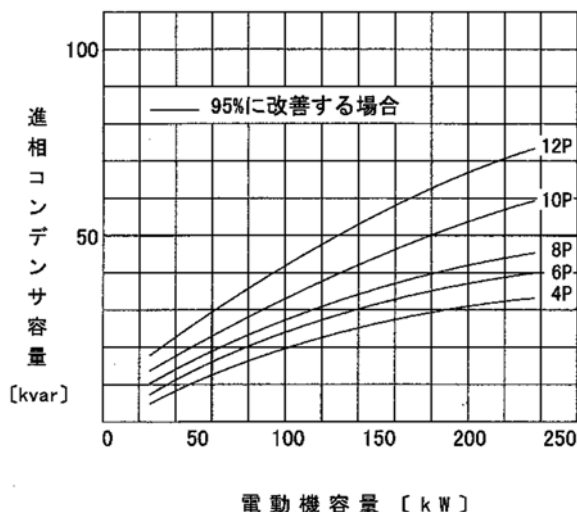


図 2.5-3 高圧三相誘導電動機に対する
進相コンデンサ取付容量

(例) 電動機出力容量 100 [kW]

電動機効率 0.90

電動機力率 0.86

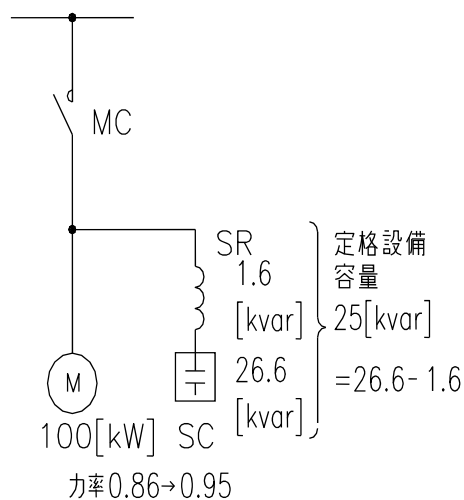
目標力率 0.95

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。

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

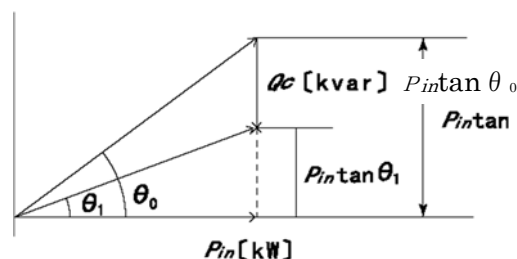


図 2.5-4 進相コンデンサの容量算出法

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

Q_c : 進相コンデンサ容量 [kvar]

P_{in} : 負荷入力容量 [kW]

P_o : 負荷出力容量 [kW]

θ_0 : 改善前力率

θ_1 : 改善目標力率

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

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

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
 $150 [\text{kW}] \times 0.291 \div 44 [\text{kvar}]$ 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 ($\cos \theta_0$)	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	1.271	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	0.930	0.958	0.986	1.016	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	1.226	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	1.026	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	0.686	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	0.027	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	0.028	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	0.056	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	0.186	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。

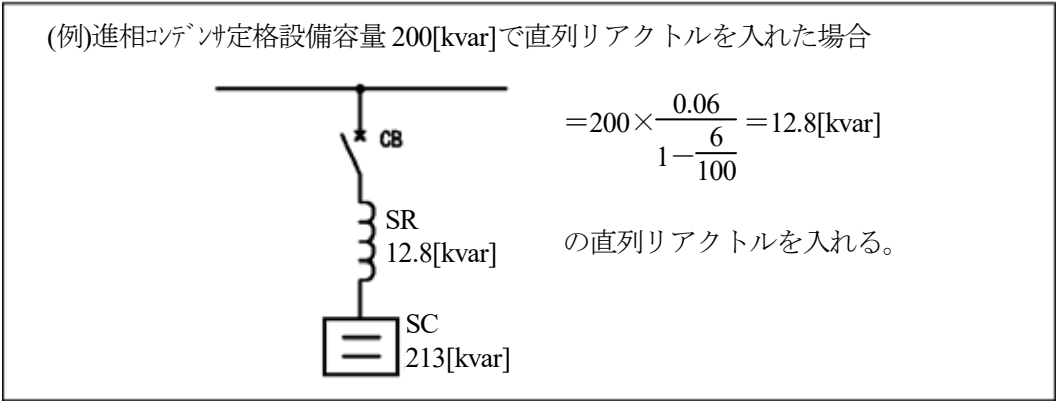


表 2.5-4 最大許容電流

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 kW 表示の もの	1/4	1/2	1	2	3	5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	75			
		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	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 kW 表示の もの	1/4	1/2	1	2	3	5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	75			
		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
		60Hz _△	—	—	5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	50	75	100	100	150	200	250
	4 極	50Hz _△	—	—	10	20	25	30	50	50	75	100	125	200	200	200	300	300	500	700
		60Hz _△	—	—	7.5	10	15	20	30	40	50	50	75	100	125	150	200	200	300	400
	6 極	50Hz _△	—	—	10	25	30	40	75	75	125	125	150	200	300	300	300	400	600	900
		60Hz _△	—	—	7.5	15	20	25	40	50	75	75	100	100	125	150	200	250	300	500

2.5.4 自動力率制御

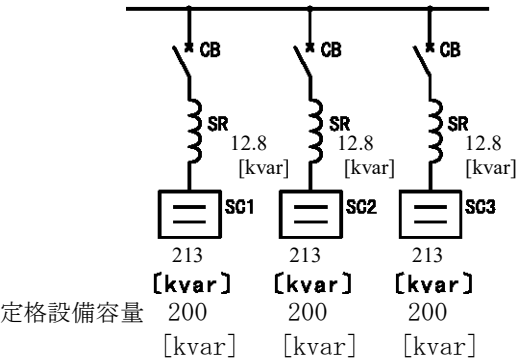
自動力率制御は、回転数制御(液体抵抗器等)を行い連続して自動制御を行い頻繁に力率が変動する場合検討を要するが、これまで農業水利施設で採用された実績は少ない。

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。

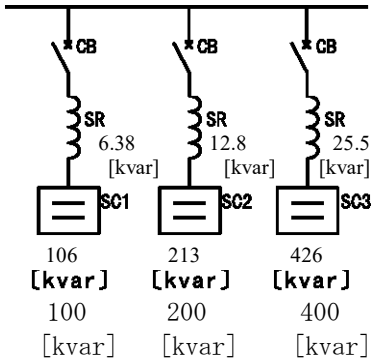
バンク分割はコンデンサを 2 群以上に分割して自動制御を行う場合、総容量を均等に分割する等容量分割と異容量のコンデンサを組み合わせた異容量分割があり、前者は、同一容量のためサイクリック制御ができ、各コンデンサが均等に投入することができる反面、異容量と比較して制御幅が粗くなる。

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
	200	200	200
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
	100	200	400
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

2.6 高調波と対策

近年、パワーエレクトロニクス技術の急速な進歩により半導体応用機器が幅広く利用されており、電力系統に接続されたこれらの機器から発生する高調波電流により電力系統の電圧ひずみが増大し、他の機器への影響が顕在化している。これらの半導体応用機器は今後あらゆる分野での利用拡大が予想されるため、高調波の抑制対策を早急に確立する必要性が深まり、平成6年9月30日「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」が制定されている。その後、平成26年4月に新たな知見に基づく検討結果の反映、指針の分かり易さの改善を目的に内容の見直しがされている。

2.6.1 高調波の発生原理

一般に、無停電電源装置（UPS）、交流可変速制御装置（VVVF）、コンピュータなど入力側に整流回路を持つ装置の入力電流は、歪んだ波形となる。この様に正弦波と異なる波形を、高調波を含んだ波形と言いい、周期性のある歪波形は 50 [Hz] (60 [Hz]) 成分の正弦波（基本波）と、その整数倍の周波数の正弦波（高調波）群を合成したものである。

基本波以外が高調波であり、基本波の 3 倍の周波数成分を第 3 次高調波、 n 倍の周波数成分を第 n 次高調波とよぶ。

三相回路の整流器の三相ブリッジ整流回路の交流電流波形の発生する高調波次数は式 2.6-1 で表される。

$n = k \times p \pm 1$ 式 2.6-1
 p : 変換装置相数(6 パルス変換: 6)
 (12 パルス変換:12)
 (24 パルス変換:24)
 k : 1, 2, 3, 4.....

図 2.6-1 の 6 パルス変換装置の発生次数は、第 5、第 7、第 11、第 13……となり一般に次数が増す程その絶対値（含有率）は小さくなる。

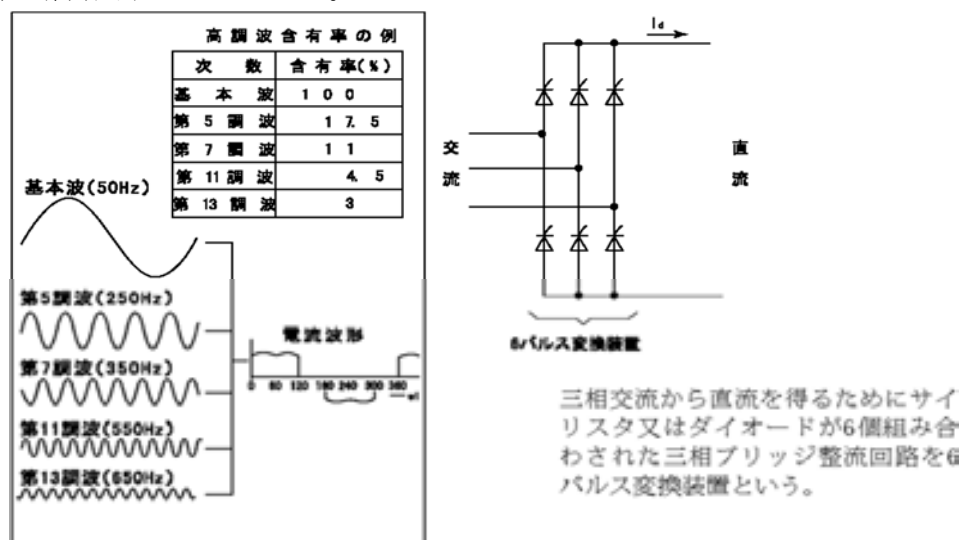
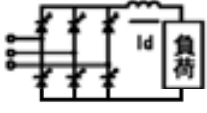
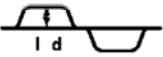
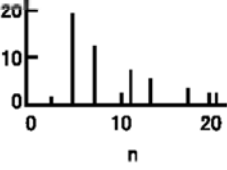
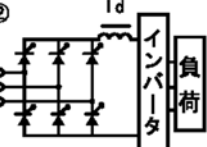
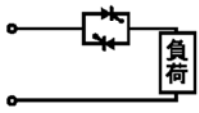
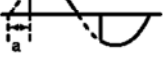
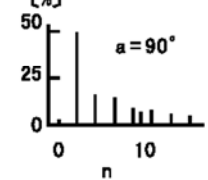
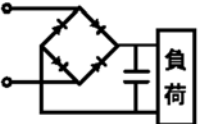
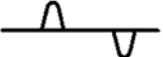
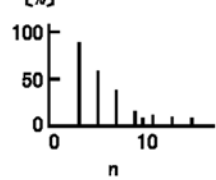


図 2.6-1 三相ブリッジ整流器の高調波成分（6パルス変換装置）

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° 〔%〕 	• 電解用整流器 • 電気鉄道 • 充電器 • 一般直流電源
	② 			• VVVF • UPS • 高周波加熱装置
電力調整回路	③ 		〔%〕 $\alpha = 90^\circ$ 	• 調光器 • 熱機器の温度調整
	④ 			• 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 		〔%〕 	• 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)

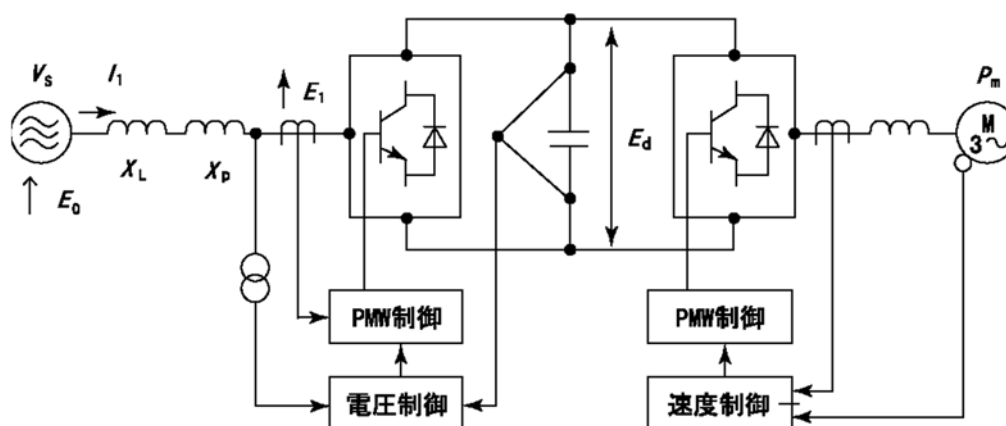


図 2.6-2 PWM等価正弦波制御方式

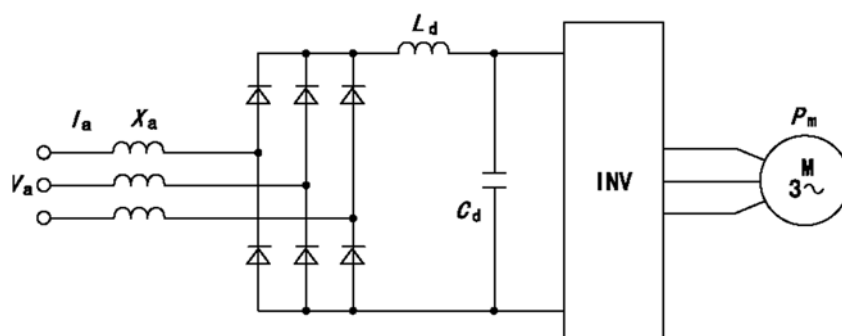


図 2.6-3 三相ブリッジ整流器（リアクトル）

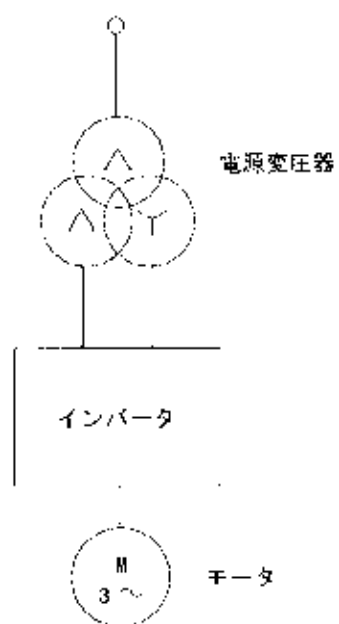


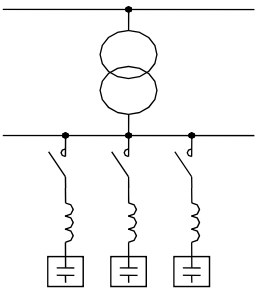
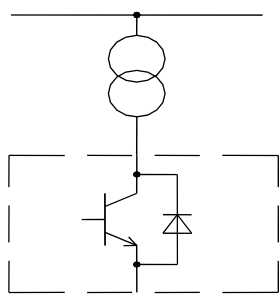
図 2.6-4 12 相パルス変換方式

(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にはならない。

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。

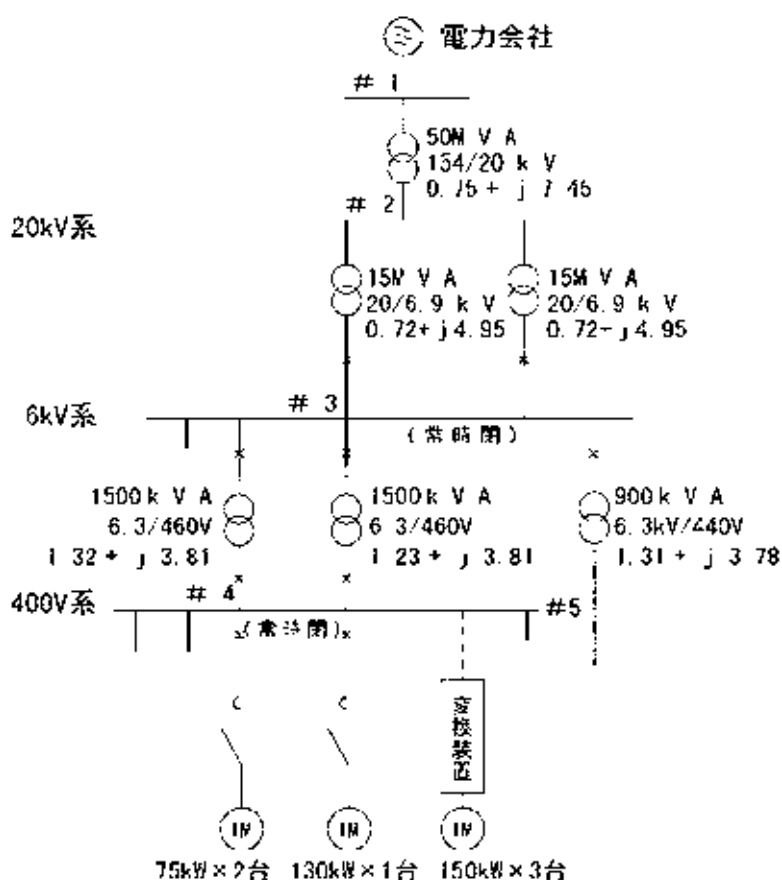


図 2.6-5 系統図

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。

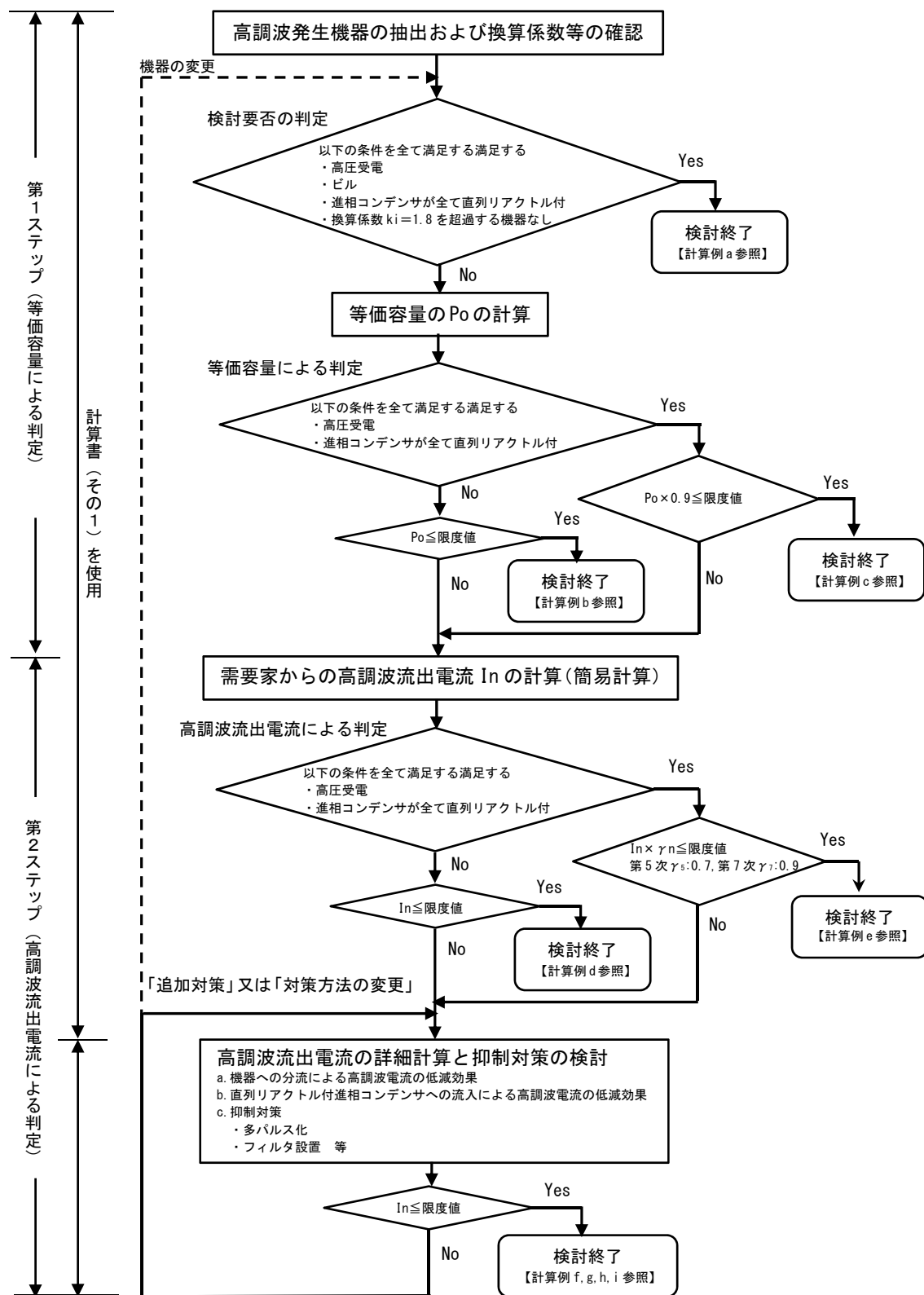


図 2.6-6 「高調波抑制対策ガイドライン」 適合判定のフローチャート
(高調波抑制対策技術指針 (日本電気協会) より抜粋)

2-58

高調波流出電流計算書(その2)

様式-2

申込年月日
受付月
年 月 日

申込年月日
受付月
年 月 日

220 kW

1

6.6 kV

契約電力相当値

高調波発生機器

事 務 所

業 種

○○ビル

お客さま名

高調波流出電流の算出計算書
計装202-102の「(d) 高調波流出電流の計算結果」と同様の表と併用計算書の場合作る。其の結果として、
高調波流出電流の算出計算書と併用計算書の場合作る。

1. 機器への分注
計算は口出し。
受電点から見た電力系統の第5次高調波インピーダンス

$$Z_{n5} = jX_n = j \frac{V_g}{\sqrt{S_g}} \times n = j \frac{6.6 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 12.5 \times 10^3} \times 5 = j1.524 [\Omega]$$

$$\text{直列リアクトル付連相コンデンサの第5次高調波インピーダンス}$$

$$Z_{LCS} = jX_{LS} + jX_{CS} = j \frac{10^3 V_L^2}{Q_c} \times \left(\frac{nL}{100} \times n - \frac{1}{n} \right) = j \frac{10^3 \times 7.02^2}{31.9 \times 2} \times \left(\frac{6}{100} \times 5 - \frac{1}{5} \right) = j77.24 [\Omega]$$

$$\text{直列リアクトル付連相コンデンサへの分注による第5次高調波電流の低減率}$$

$$\alpha_5 = \frac{Z_{LCS}}{Z_{n5} + Z_{LCS}} = \frac{77.24}{1.524 + 77.24} = 0.981$$

$$\text{直列リアクトル付連相コンデンサへの分注を加味した第5次高調波流出電流}$$

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

2. 電力系統からの連相コンデンサへの流入
電力系統の第5次高調波電圧

$$V_5 = V_g \times \frac{500}{100} = 6.6 \times 10^3 \times \frac{2}{100} = 132 [\text{V}]$$

$$\text{直列リアクトル付連相コンデンサの第5次高調波インピーダンス}$$

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

$$\text{直列リアクトル付連相コンデンサに流入する第5次高調波電流}$$

$$I_5' = \frac{V_5}{\sqrt{3} \times Z_{LCS}} = \frac{132}{\sqrt{3} \times 77.24} = 0.987 [\text{mA}]$$

$$\text{直列リアクトル付連相コンデンサに流入を加味した第5次高調波流出電流}$$

$$I_5 - I_5' = 1.208 - 0.987 = 0.221 [\text{mA}]$$

3. 詳細計算した高調波流出電流による確定
221[mA]を上乗せ (770[mA])
また、第7次についても同様に計算した結果、上図欄以下になるため、「増封終了」とする。

5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	25次
1.231	0.553	—	—	—	—	—	—
0.221	0.369	—	—	—	—	—	—
770	550	—	—	—	—	—	—
770	550	—	—	—	—	—	—

計算書(その1)の高調波流出電流 [mA]
低減後の高調波流出電流 [mA]
高調波流出電流の上乗値 [mA]
対策定数決定

電力変換器
電動機
変圧器
コンデンサ
リアクタ
直列リアクトル付
連相コンデンサ

一次負荷
ビームランプアプロン
エレベータ
その他負荷

第5次高調波に対するインピーダンスマップ

電力系統インピーダンス
 $Z_g = j1.524 [\Omega]$

直列リアクトル付
連相コンデンサ設備
インピーダンス
 $Z_{LCS} = j77.24 [\Omega]$

高調波電流
 $I_5 = 1.231 [\text{mA}]$

2-59

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。

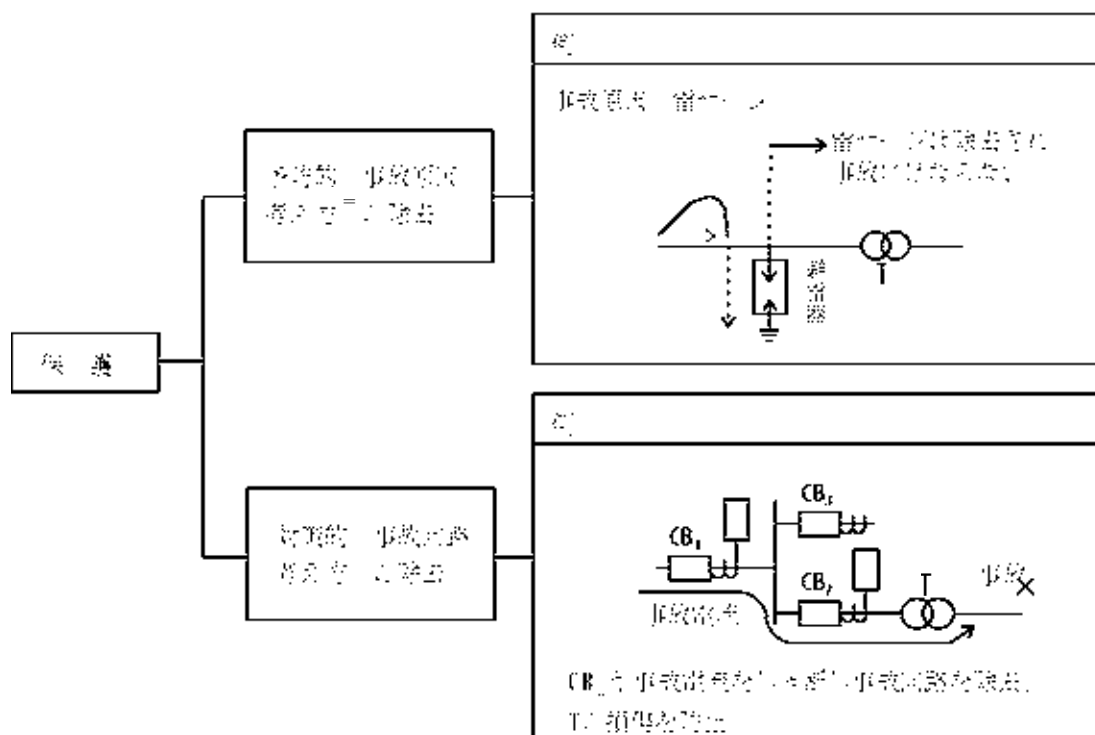


図 2.7-1 保護の考え方とその適用例

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)

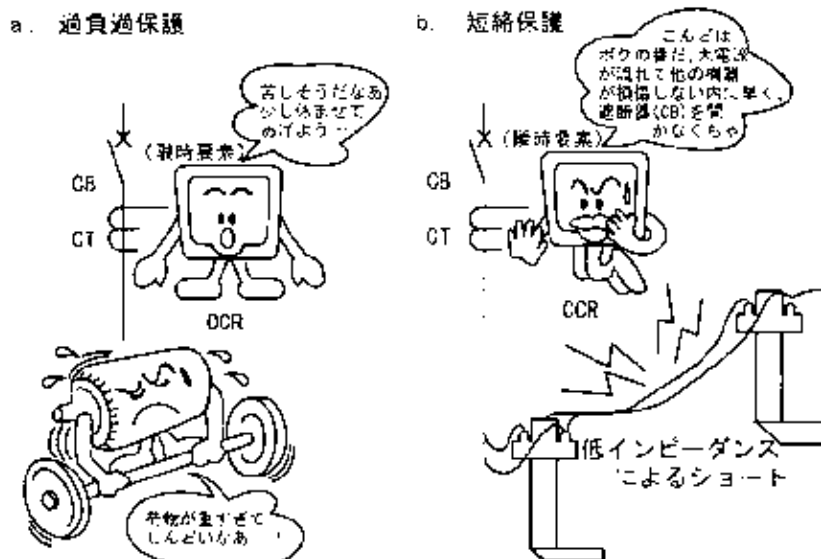


図 2.7-2

(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)

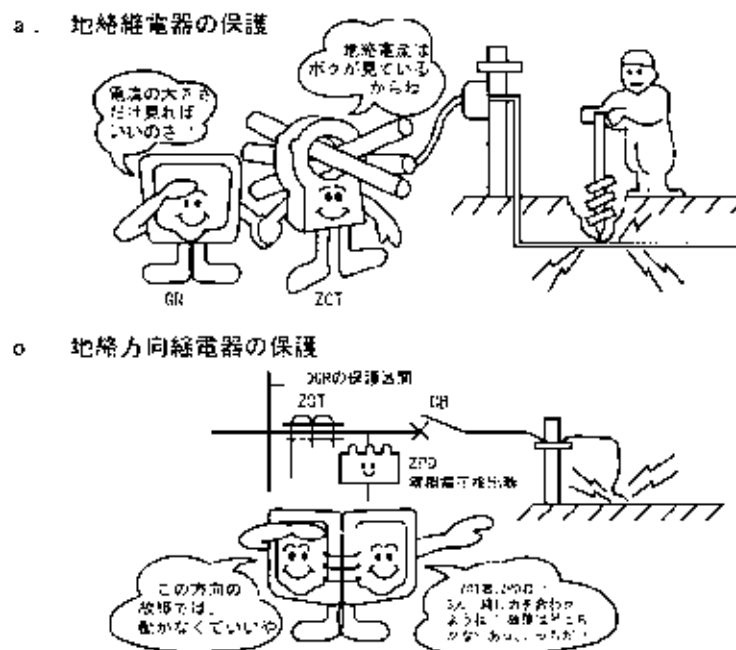


図 2.7-3

(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)

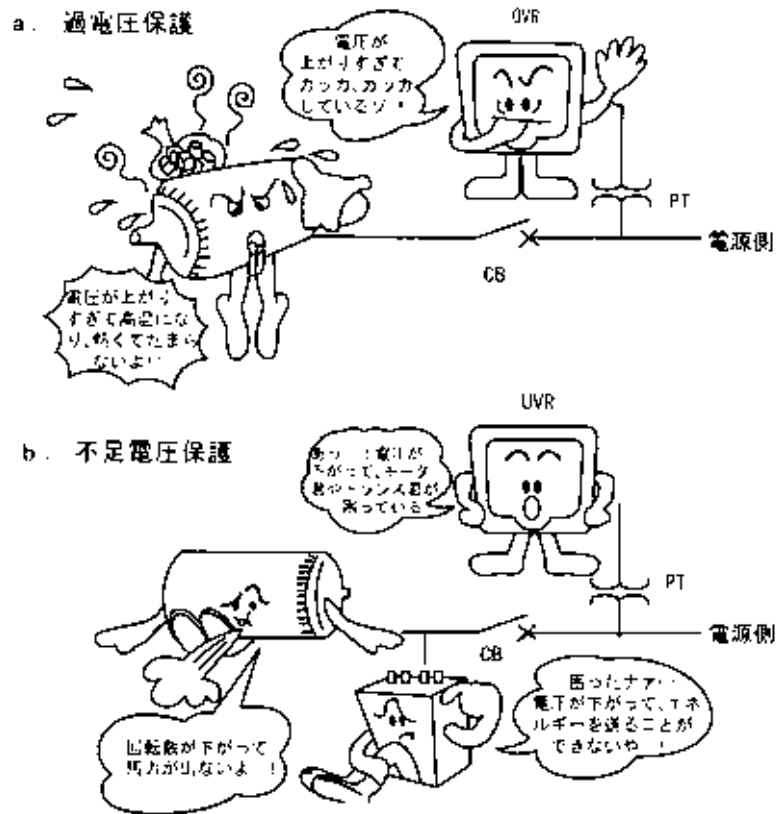
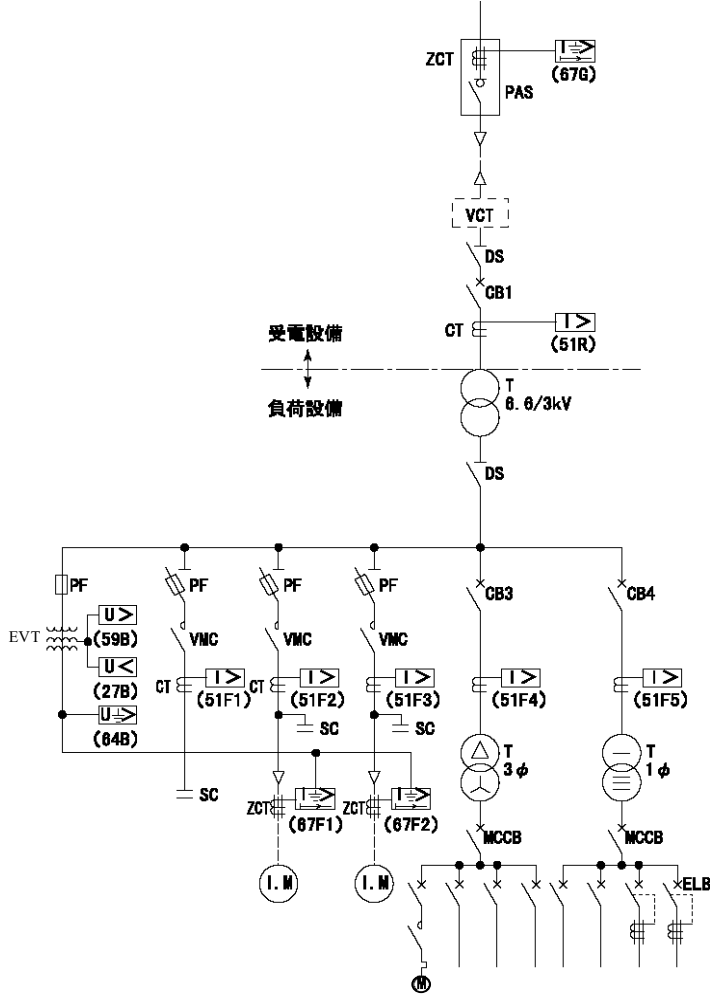


図 2.7-4

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	フィーダ用過電流継電器
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	フィーダ用地絡方向継電器

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、地絡など電氣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

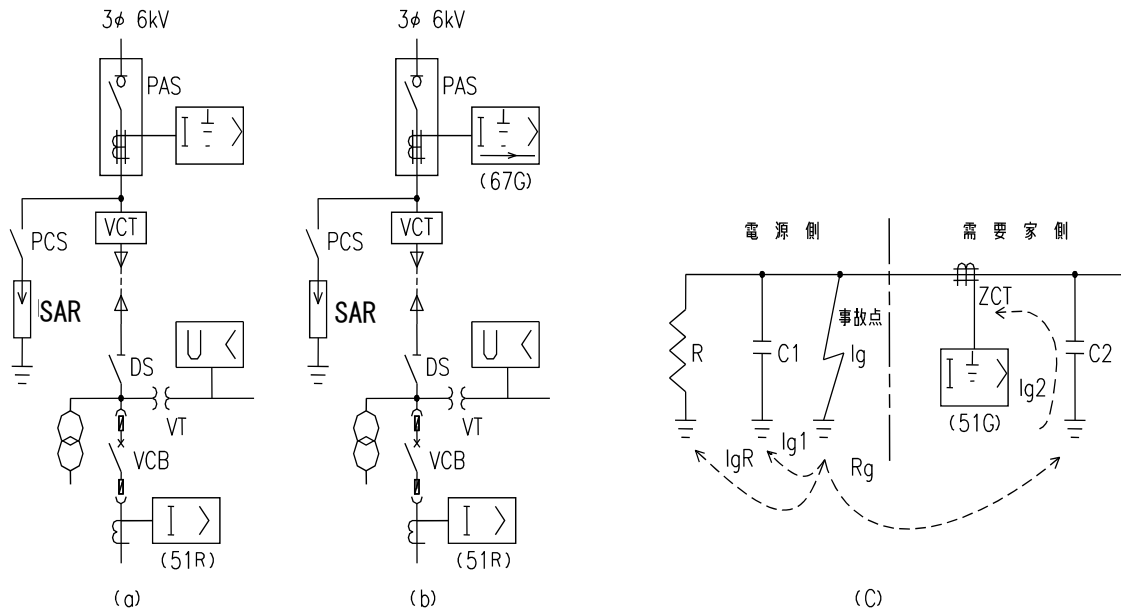


図 2.7-6 受電用保護継電器の接続

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、高压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、高压タイトランス（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。

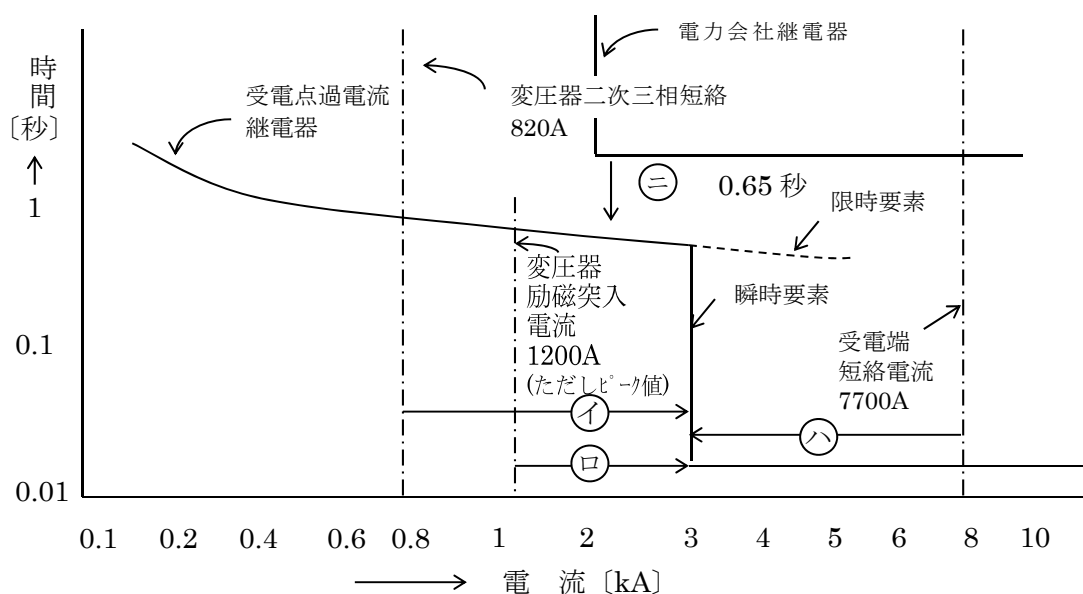


図 2.7-7 時限協調検討図例

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。

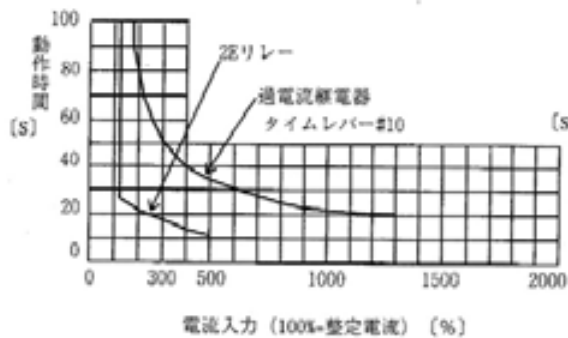


図 2.7-8 2E リレー及び電動機回路用過電流継電器の動作特性例

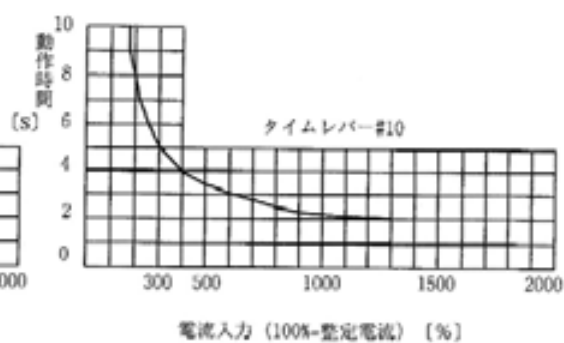


図 2.7-9 配電OCRの動作特性例

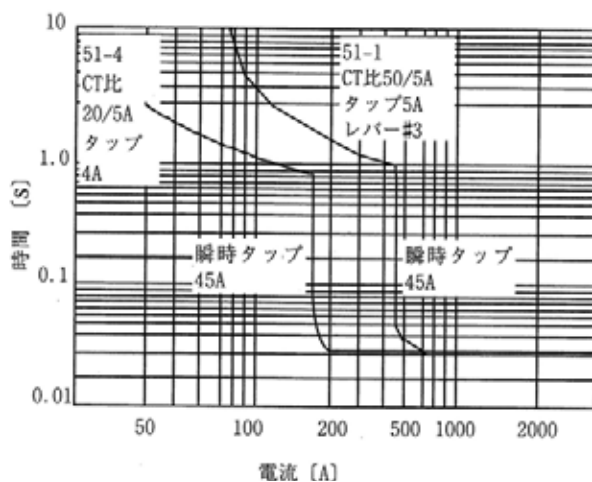


図 2.7-10 受電遮断器と高圧フィーダ遮断器との協調例

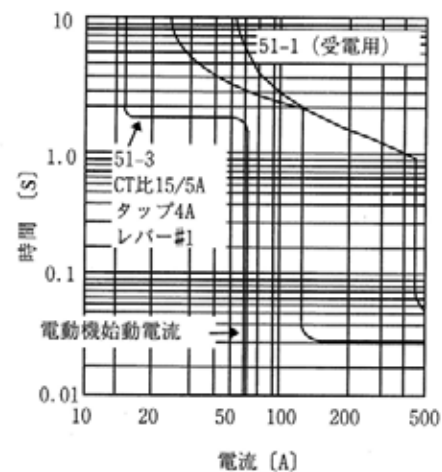


図 2.7-11 電動機回路用過電流継電器との協調例

(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系統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、系統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。

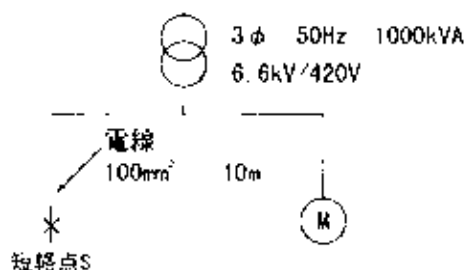


図 2.7-12

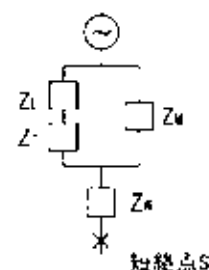


図 2.7-13

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

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

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〔 mm^2 〕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。

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

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。

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

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。

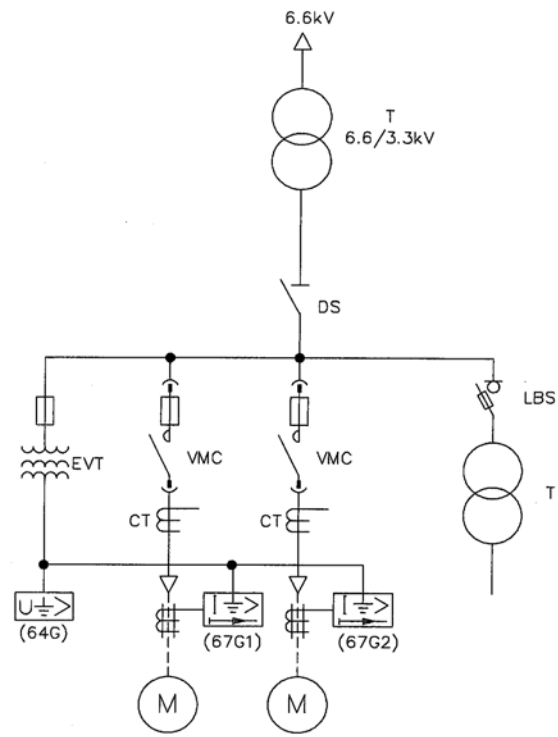


図 2.7-14 3kV 配電の回路例

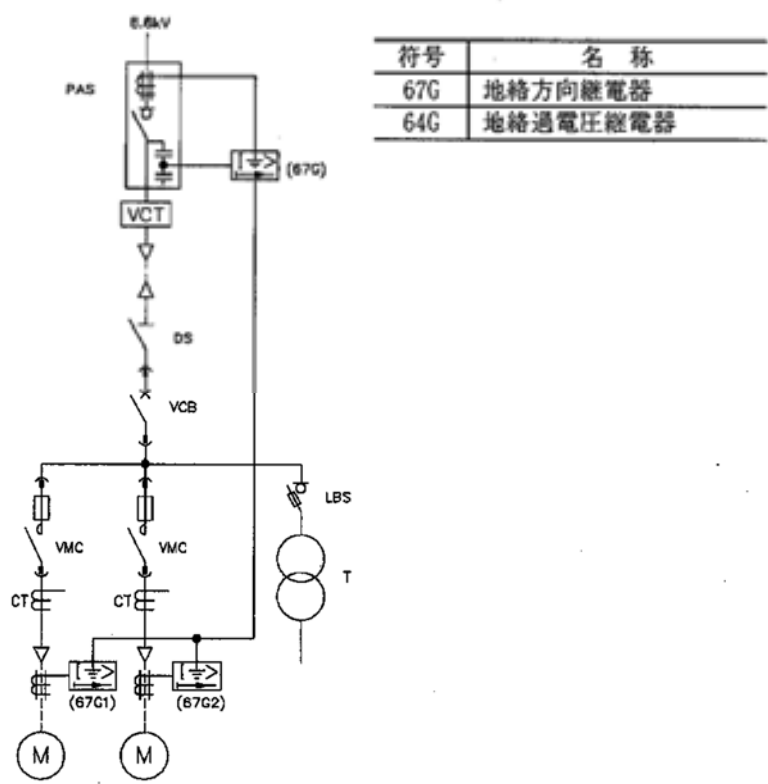


図 2.7-15 6kV 配電の回路例

(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

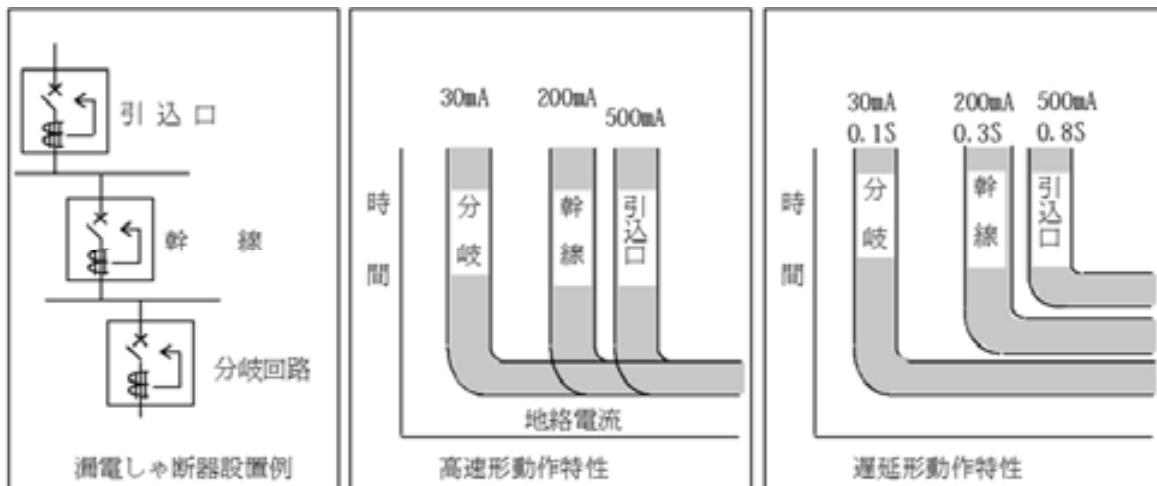


図 2.7-16 地絡保護協調

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る機会が多く、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的な割合を占めている。

高压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 $\mu s \sim 100 \mu s$ 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。

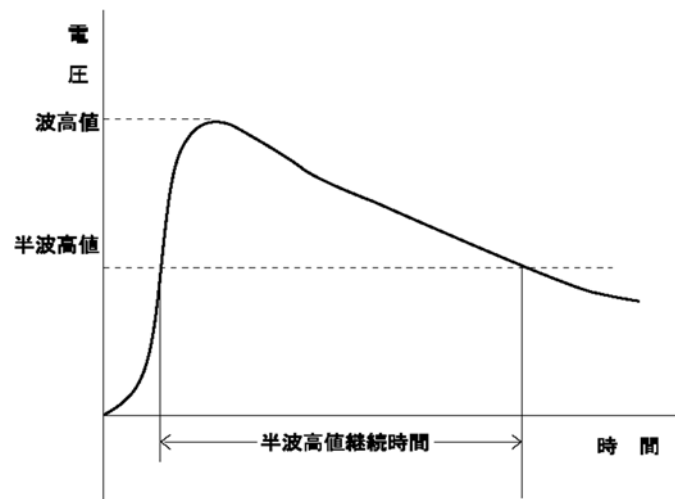


図 2.7-17 雷撃電圧波形モデル

(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、碍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。

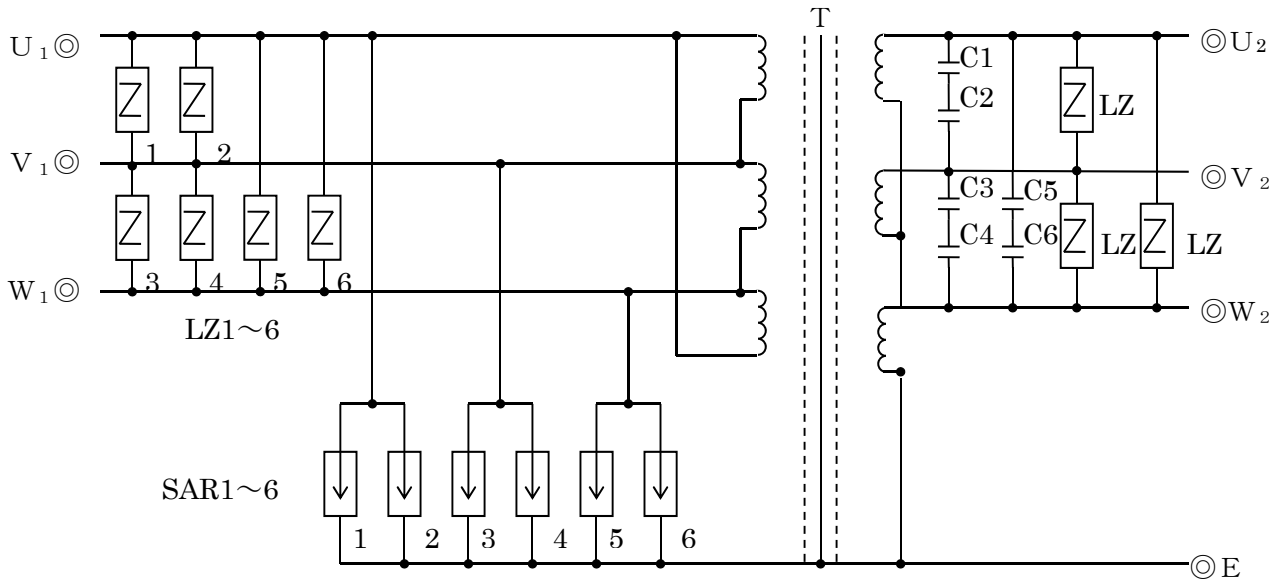


図 2.7-18 耐雷変圧器の回路例

(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。

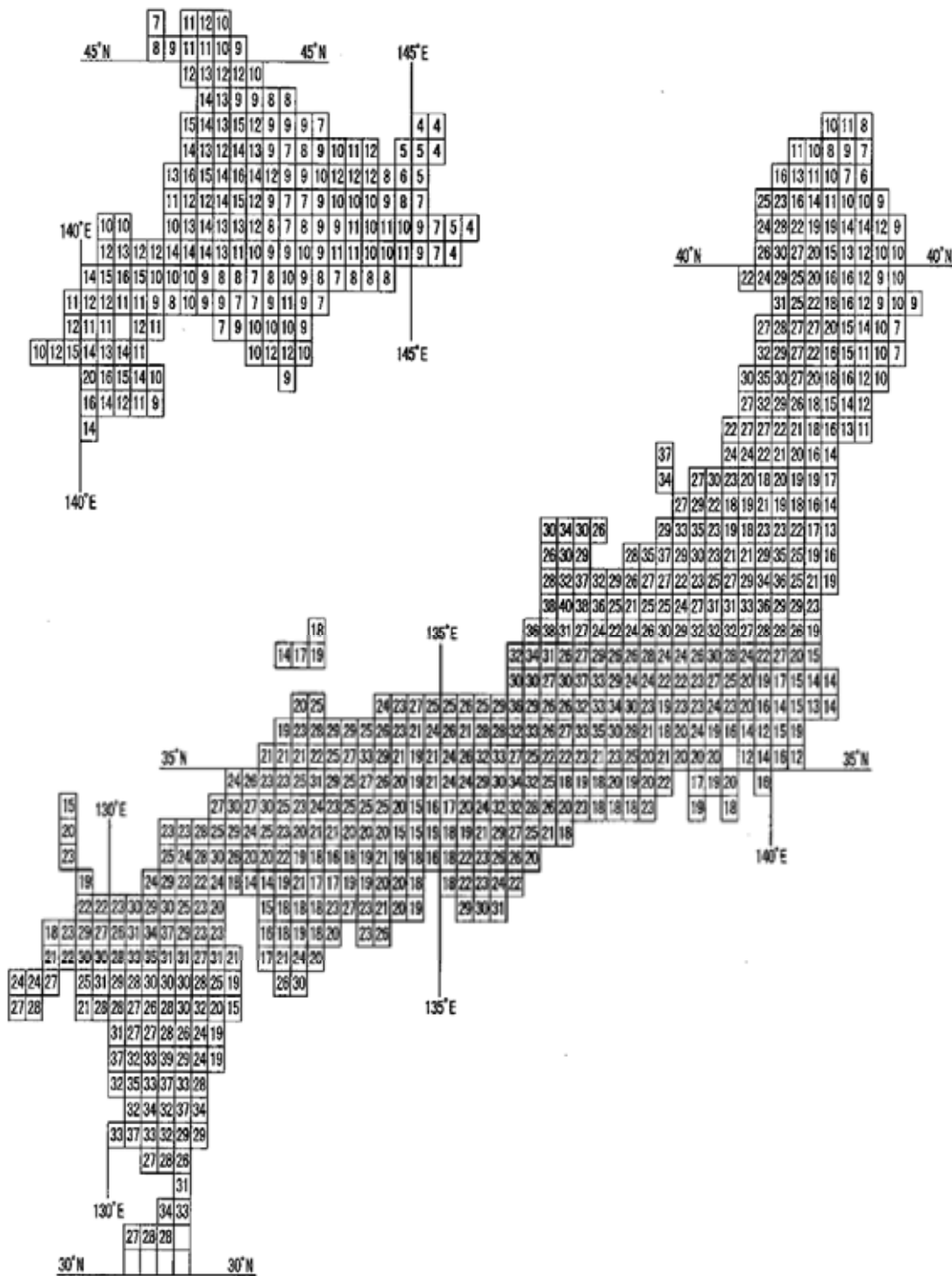


図 2.7-19 年間雷雨日数分布 (10 年平均)

(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	
発変電所用避雷器 (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	全波耐電圧 [kV]	45	40	60	50	
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	
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。

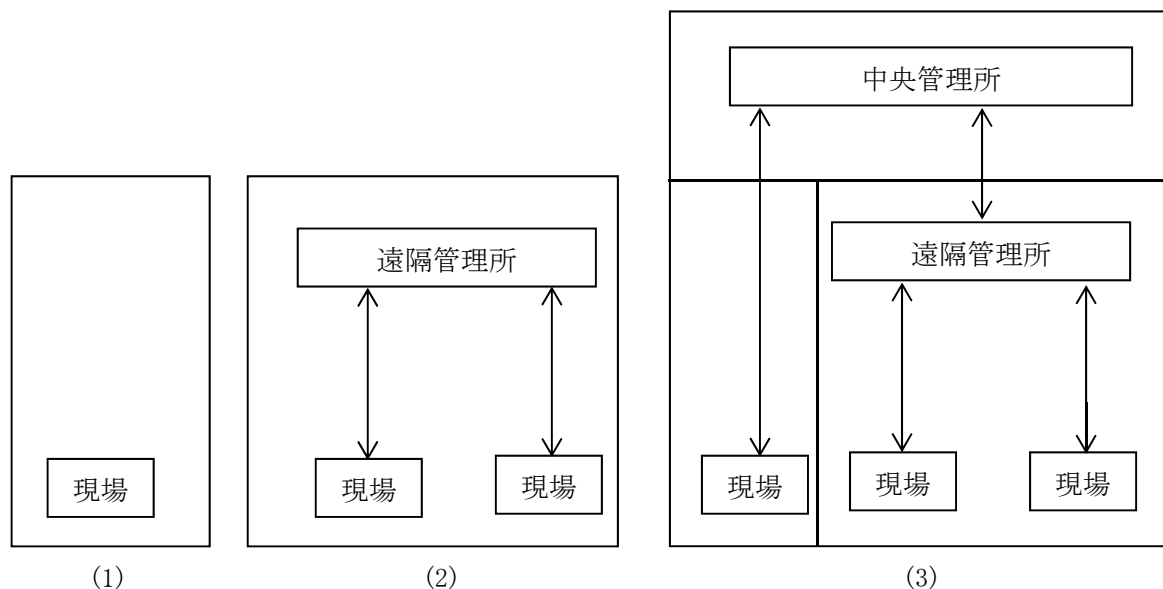


図 2.8-1 監視制御方式の例

表 2.8-1 管理項目表（用水ポンプ場）の例

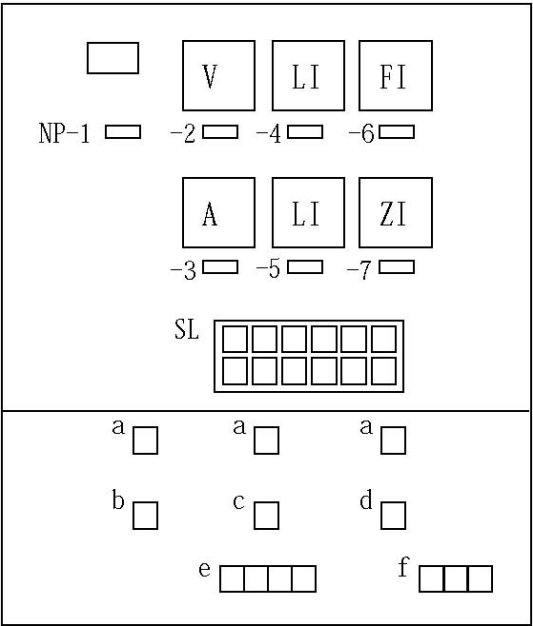
【凡例】

- △ 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)	施設区分	管理項目	設置台数	1台当たりデータ量	データ入出力受け渡し条件				伝送	現場(機側・遠隔)				中央管理所										備考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
					入出力信号	桁数	最小単位	計測範囲【設定範囲】		直送	表示	操作・制御		大型表示装置		操作卓				〇〇端末装置		情報処理				情報提供																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
												手動操作	自動制御	アナログ(計器形)	デジタル(数値形)	表示	手動操作	自動制御	演算処理	自動制御処理	警報処理	記録処理	ガイダンス処理		その他の処理	X M L配信	メーリング配信																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
用水ポンプ場	用水ポンプ	用水ポンプ(制御指令)	2	2	4	無電圧連絡点	BCD3桁	0.01m(1cm)	0.00~3.00	△																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

(*)1)可聴警報(△) C:チャイルド(△) B:ブザー(▽) E:電子表示(△) (△)XML配信は、即速線型に於てXMLファイル形式でデータ配信することを指す。配信するデータは関係機関との協議により決定する。
ブラウザ配信とは運用者等が遠隔地よりパソコンのInternet Explorerや携帯電話のmode等でデータ閲覧を行うことを指す。
メール配信とは障害発生時に運用者の携帯電話等の異動連絡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

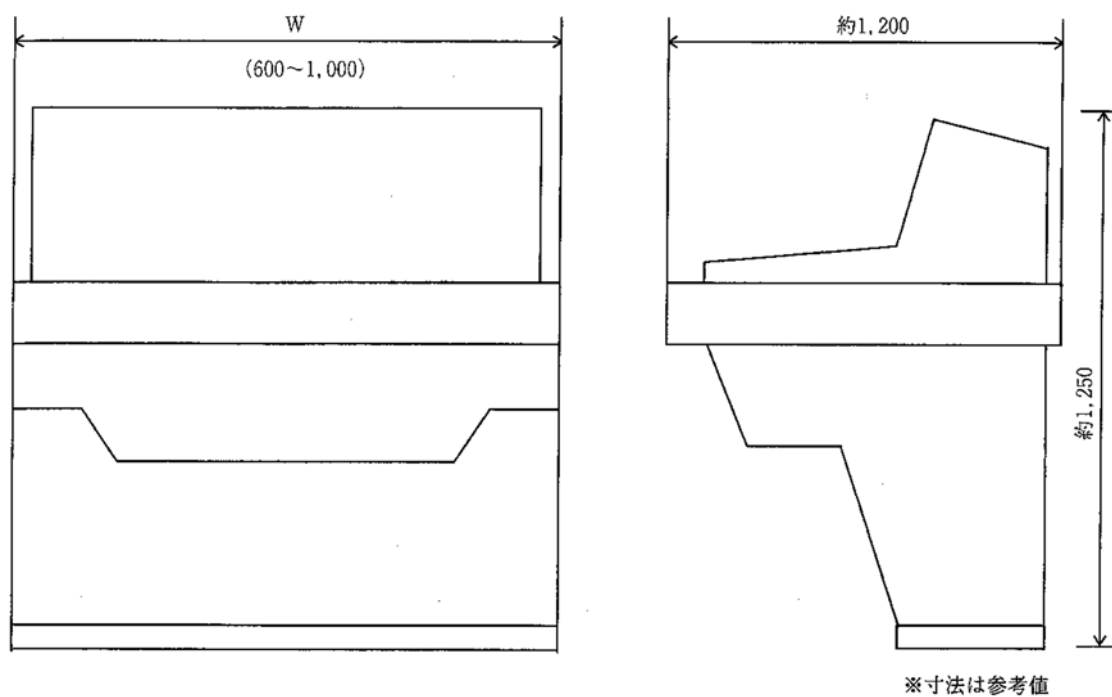


図 2.8-3 遠隔監視操作卓外觀図例