

管理

供給予備力の分類

運転予備力

部分負荷運転中の発電機の出力量増余地、短時間(数分間)で起動可能な発電設備を指す。

(例) 部分負荷中の発電機, 待機中の水力発電所, 火力発電(ガスタービン)

瞬動予備力

周波数低下に即座に対応し、出力を増加できるもの。

(例) ガバタリ-運転中, または AFC 運転中の出力増余地のある発電機。
(送電回線に流す制御) (自動周波数調整装置)

待機予備力

起動に数分間を要するが、起動後に数時間発電が続けられるもの

(例) 待機中の火力発電所。

系統の周波数変動

発電機の変化量 $\Delta P_G = -K_G \cdot \Delta f$ (周波数低下 \rightarrow 出力低下)

負荷の変化量 $\Delta P_L = K_L \cdot \Delta f$ (周波数上昇 \rightarrow 負荷増加)

$$\%K_G = \frac{K_G}{P_G}$$

$$\%K_L = \frac{K_L}{P_L}$$

\rightarrow %換算であるため、計算が可能

年負荷率

$$\text{年負荷率} = \frac{\text{年平均需要電力}}{\text{最大需要電力}}$$

年負荷率が高いと...

- ・ 過剰な設備を持つ必要がなくなる
- ・ 昼間, 夜間の需要差が小さいと, 石油火力などで調整不要(低コスト化)
- ・ 広域化すると \rightarrow 地域差による電力需要の違いにより, 合成最大需要電力が低くなる

揚水式発電

夜間などの燃料費の安い時間帯に揚水し、昼間のピーク時に発電する。

- 原子力などの安定な電力で揚水できる(軽負荷時)
- ピーク時、効率的な電力発電に代わって発電できる。
- 数分間で起動できるため、運転準備が比較的早い。

可変式揚水発電方式

ポンプ水車を可変発電電動機で駆動し、揚水時の消費電力を可変できるもの。

- ・ 揚水発電時、周波数調整が容易に行える。
- ・ 落差に合わせた回転速度で発電でき、効率が向上する
- ・ 過渡時、電力制御を比較的容易に行うことができる。

電圧調整、无功相設備

静止形無効電力補償装置(SVC)

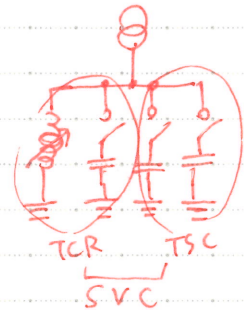
電圧コンデンサと分路リアクトルとを並列接続し、

分路リアクトルに流れる電流をサイリスタで整流

位相制御により、進相が遅れまで変化させ、

系統に無効電力を供給する。

- ① 電圧調整制御が連続かつ高速
- ・ 価格は比較的安価
- ② 高価
- ・ 高調波対策が必要



- ・ TSC (Thyristor Switch Capacitor)

サイリスタで整流して、持続するコンデンサ電圧を高速で切りかえる。

- ・ TCR (Thyristor Controlled Reactor)

リアクトルとコンデンサを並列接続し、サイリスタ位相制御によりリアクトルに流れる電流を調整する

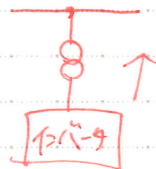
- ・ SVC (Static Var Compensation)

TSCとTCRを並列に並べ、遅れから進れまで補償できる。

- ・ STATCOM (Static Synchronous Compensator)

インバータを用いて、進相から遅れまで補償できる。

PWM制御により、非常に高速制御が可能



電力用コンデンサ

進相無効電力を吸収し、系統を逆相にし、電圧低下を抑制する。

分路リプル

進相無効電力を吸収し、系統を逆相にし、電圧上昇を抑制する。

(×) リプル ・ 保守費多

・ コスト低

(○) 分路リプル ・ 段階的にしか調整できない

同期調相機

無負荷の同期電動機で、界磁電流を調整することで、

無効電力を遅れから進相まで変化して制御できる。

(×) 同期調相機 ・ 進相から遅相まで連続的に調整可能

・ 内部起電力と負荷を下め、系統電圧低下時も機能を放棄する

(○) 分路リプル ・ 同期機で制御可能、保守が楽

・ コスト高

架空送電損失について

① 抵抗損

$$\text{内容} \quad P = 3RI^2 = 3R \cdot \left(\frac{P}{\sqrt{3}V \cos\theta} \right)^2 = \frac{RP^2}{(V \cos\theta)^2}$$

送電線に流れる電流によって生じる抵抗損失

- 対策
- ・ 太いサイズの電線もしくはワイヤ等件を採用する
 - ・ 送電電圧を高くする
 - ・ ループ系統とし、並列効果で線路電流を下げる

② コロナ損

内容 電線表面の電位傾度が很高値で 30 [kV/cm] 以上になると、電線表面の空気の絶縁が局部的に破壊され、コロナ放電が生じ、コロナ損が発生する。

- 対策
- ・ 電線表面の電位傾度を下げずため、(外径の大きい)鋼にアルミワイヤを99等件を採用する
 - ・ がいしに導電性物質を塗布する
 - ・ がいしに突起物をなくす

送電系統の損失低減

- (1) 送電電圧を高くする
- (2) 電線の太線化、もしくは送電距離の短縮 (抵抗低減)
- (3) 調相設備の適正面置に於て無効電力低減の適工化 (対策改善)
- (4) 長距離送電における直送送電の採用

配電系統の損失低減

- (1) 配電電圧を高くする
- (2) 電線の太線化
- (3) 効率改善用のコンデンサ
- (4) 変圧器の鉄損低減 (鉄心設計の採用等)
- (5) ネット7-7方式の採用

系統改善による損失低減

- (1) 送電系統のループ化による潮流の平均化、直列コンデンサの採用による効率改善
- (2) 電圧降下率の制御を適正にする
- (3) 送電電圧の適正制御を行う
- (4) 変圧器、送電台数の適切な選定を行う

短絡容量について

説明

電力系統の強さを示す尺度。三相短絡時の短絡電流と回路電圧の積で示される。短絡電流の供給源は発電機であり、発電機と故障点までの電的距離が短いほど短絡容量は大きくなり、また連系線路や発電機容量が大きい場合も増加する。

短絡容量の増大原因

- 設備面
- ・ 需要項の増加、電源の開発、分散型電源の増加(電源増)
 - ・ 基幹系統の99.9%化、グリッド化(並列線路→ゼロインピーダンス)
- 運用面
- ・ 発電機の経済運用、系統・故障条件の厳格運用(電源増)
 - ・ 連系強化による系統規模の拡大(電源、並列線路)

問題点

- ① 短絡電流増加により、大量の遮断器や母線、並列誘導線が必要となり、コストが上がる。
- ② 2線地絡時の地絡電流が大きくなり、電磁誘導障害が増加する
- ③ 短絡電流が増大となり、事故時に電力機器の損傷が増加する。

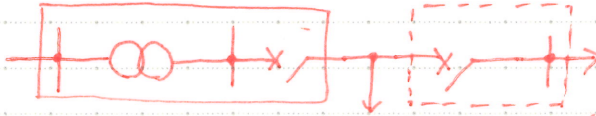
対策(特高需要側)

- ① 変圧器、発電機を高インピーダンスのものを採用する
- ② 限流リアクトルで短絡容量を抑制する
- ③ 母線の分割
- ④ 遮断容量の大きい遮断器を採用

その他

- ・ 高次電圧階級の導入により低次電圧の分割
- ・ 直流連系の採用

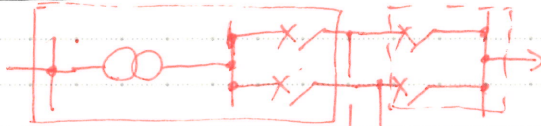
特別高圧需要家の受電方式
樹枝状方式(1回線受電方式)



他の需要家 ← ココがない場合1回線専用受電方式

- 事故時: 送配電線路の事故時には停電となる
- 保守時: 保守・点検時には停電する必要がある
- 信頼性: 単一設備の故障で停電するため、低い

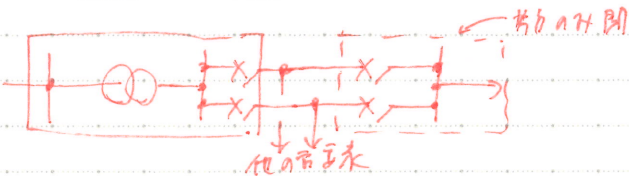
樹枝状方式(平行2回線受電方式)



他の需要家 ← ココがない場合2回線専用受電

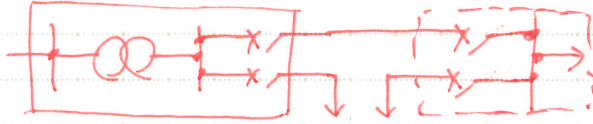
- 事故時: 片回線事故でも停電しない
- 保守時: 保守時は片回線だけ停止できるため、停電不要
- 信頼性: 片回線事故で停電しないため、高い

常予備切替方式(本線・予備線受電方式)



- 事故時: 本線の事故時は停電するが、予備線に切替えてすぐに復旧する。
- 保守時: 本線の点検時は、予備線に切替えて行うため停電不要
- 信頼性: 復旧が可能なため、やや高い

ループ方式 (常時閉路ループ方式)

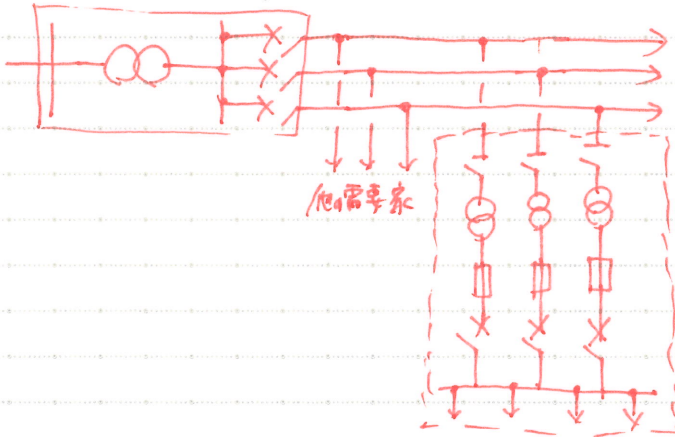


事故時：片側回線の事故では停電しない。ただし、線路や需要家の受電設備停止時は、健全需要家に停電が発生する。

保身時：線路区間では需要家受電設備の停止が2つ以上あると停電となる。(そのための調整が必要)

信頼性：一回線受電方式より高い

スポットネット方式



事故時：一回線事故または受電用支線等の1箇所事故でも停電しない。また保護装置により事故回線を切り離し、残りの健全な部分で供給できる。

保身時：1次側を停止する場合は、電気を供給して需要家設備の保護装置と遮断器の開放確認後、送電停止。

信頼性：最も信頼性が高く、送電線や配電線故障時の送電が容易になる。

系統連系技術的要件がダウン

受電点 = 電力率調整

(逆P1) ・ 系統電圧を維持する電力率を調整

(逆P2) ・ 電力率85%以上を目標に過剰電力を貯蔵しないようにする。

単独運転対策

(逆P1) ・ 周波数上昇リレー (UFR), 周波数低下リレー (OFR) 設置
・ 転送速度の差を調整

(逆P2) ・ 同上

・ 逆電力継電器の設置
(受電契約のない需要家などには必要)

連系時の対策

平常時: 発電事業者側で電圧を自動的に調整

同期発電機: 同期電圧に加入、自電力同期調整基準を調整

電力同期時の同期調整

系統電圧同期調整と一致して電圧を調整

滑り発電機: 同期電圧低下時にはPE流リアクトルを調整

自励式逆変流装置: 自動的に同期がとれるもの

連系に於ける短絡容量2000

① 短絡電流の抑制: PE流リアクトルを調整

② 上記以外: 上位電圧の電圧レベルに連系

・ 要する変圧器バッキング系統への連系

継電器

OCGR (Over Current Ground Relay)

地絡過電流継電器という、零相電流が設定値以上で動作。

高圧配電系統に同期発電機を連系する場合、高圧配電側は非接地、

同期発電機側は地絡電流が小さいため、動作が期待できない。

OVGR (Over Voltage Ground Relay)

地絡過電圧継電器という、零相電圧が設定値以上で動作。

零相電圧を監視する際、同一装置に繋がっている系統内の、 π で地絡が

発生しても検出できる。反面、地絡地点の判定は困難

DSR (Direction Short circuit Relay)

短絡方向継電器という、線間電圧と相電流の短絡位置の方向を報告。

高圧配電系統に同期発電機を連系する場合、同期発電機側の短絡

電流は小さく、OCRTは検出が困難なため、方向判定のDSRによって

系統依りの短絡故障時の升動作し、発電機を解列させた。

配電系統の負荷特性

需要率

施設に本当に必要な供給能力が図られた

$$\text{需要率} = \frac{\text{最大需要電力 [kW]}}{\text{全設備容量 [kW]}} \times 100$$

負荷率

負荷の平均化具合が判断できる

$$\text{負荷率} = \frac{\text{平均需要電力 [kW]}}{\text{最大需要電力 [kW]}}$$

不率率

必ず1.0以下となり、値が小さいほど設備が同時稼働している

$$\text{不率率} = \frac{\text{最大需要電力の合計 [kW]}}{\text{合成最大需要電力 [kW]}}$$

損失係数

$$\text{損失係数} = \frac{\text{平均損失電力 [kW]}}{\text{最大損失電力 [kW]}} \quad \leftarrow \text{負荷率と同じ考え}$$

変圧器の全日効率

$$\eta = \frac{\sum m \cdot P_n \cdot \cos \theta \times T}{\sum m \cdot P_n \cdot \cos \theta \times T + 24 P_i + \sum m^2 \cdot P_c \times T} \times 100 \quad [\%]$$

P_n : 定格容量 [VA], m : 負荷率 ($\frac{P}{P_n}$)

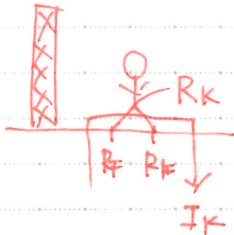
接地設計

歩中電圧

接地極に大電流が流れた時、大地の電位の傾斜により、地表面の近接した2点間(1m)に電位差が生じる。この2点が両足に相当すると、両足にかかる電圧。

接触電圧

接地した構造物とそこから少し離れた地表面との間(1m)に電位差が生じる。接地した構造物に接触した場合、人体にかかる電圧。



$$\text{歩中電圧} = (2R_g + R_k) \times I_k$$

(69条征)

$$\text{接触電圧} = (R_k + \frac{R_g}{2}) I_k$$

(69条征)

TIPS: 敷石の利を敷くことで、人体と大地の接触抵抗が小さくでき、歩中電圧、接触電圧の許容値を上げられる。

非常用予備発電設備の点検

ガソリンエンジン・リモ、相違に隔年で燃費を少なくするディーゼルエンジンの非常用予備発電装置の、需要設備には通常使用される。

月次点検

- ① 燃費ランプの量、油圧油温
- ② 冷却水タンクの量
- ③ 始動電圧の圧力・圧力
- ④ 蓄電池と液面点検と補充
- ⑤ スイッチ・ランプなどの点検状態
- ⑥ 配管などからの漏水

試験時: 始動試験など実施、電圧確認、電圧、周波数、油圧、冷却水温度、排気温度を確認する。

年次点検

- ① 絶縁抵抗測定
- ② シー・テスト
- ③ 充電器試験
- ④ 清掃
- ⑤ 中子・振動の確認
- ⑥ ベルト、ベルト、ケーブルの確認と交換

試験: 負荷を必要にかけた負荷試験を行う。
 本機は動作確認、動作確認を完了する。

非破壊検査式試験絶縁抵抗試験

原理 直流電圧を印加して絶縁抵抗を測定し、劣化状態を判定する。

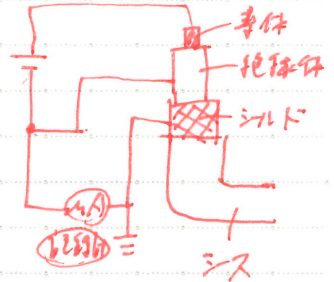
特徴 回路を停電して測定を行う。

- ・簡単に初期月の絶縁診断に使用される。

直流試験(直流高圧試験)

原理 直流電圧を印加して、検出される電流および電流の時間的变化を測定し、劣化を判断。

特徴 絶縁物の吸湿劣化の判定に効用がある。
・誘電正接試験に比べ電源容量が少量でよい。

誘電正接試験

原理 絶縁物に交流電圧を印加し、充電電流と放電分の電流との位相差 ϕ (誘電正接)を検出することで劣化を判定する。

特徴 大型の電源装置が必要。
・絶縁物の形状に左右されない。

部分放電(コロナ測定)試験

原理 (直流・交流)高電圧を印加し、部分放電の発生、電荷量などを測定し、劣化状態を判定する。

特徴 絶縁物の劣化やクラックを検出できる(局所的)。
・活線状態でも測定できる。
・言式試験による絶縁の損傷のおそれがある。

油入変圧器の絶縁診断

絶縁油耐圧試験

酸化によって劣化した油の絶縁破壊電圧を測定する。絶縁油中には球形電極を対向し、毎秒 3kV の割合で上昇させて測定する。

絶縁油 全酸化試験

酸化によって劣化した油の酸化度を測定する。水酸化カリウム KOH を中和するまでに何 mg 消費したかを指標とする。

油中ガス分析

変圧器内部で局部加熱、部分放電が発生すると、特有の分解ガスが発生し、絶縁油に溶解する。この溶解ガスを分析すると、内部の状況を予測できる。

局部加熱	アーク放電	部分放電
低温 CH_4 (メタン) ↓ H_2 が増える	① $\text{H}_2, \text{C}_2\text{H}_2$ ② $\text{C}_2\text{H}_4, \text{CH}_4$ (エチレン)	$\text{H}_2, \text{C}_2\text{H}_2$
高温 C_2H_2 (アセチレン)		

フルフラール分析

経年劣化により絶縁紙のセルロースが分解され、フルフラールが生成される。このフルフラール量から劣化を判断する。

高速液体クロマトグラフによりフルフラール量を測定し、

絶縁紙の劣化度や劣化率が分かり、オイル寿命が推定できる。