「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

3.3.4.2　受変電・配電設備

1．受変電・配電設備の概要

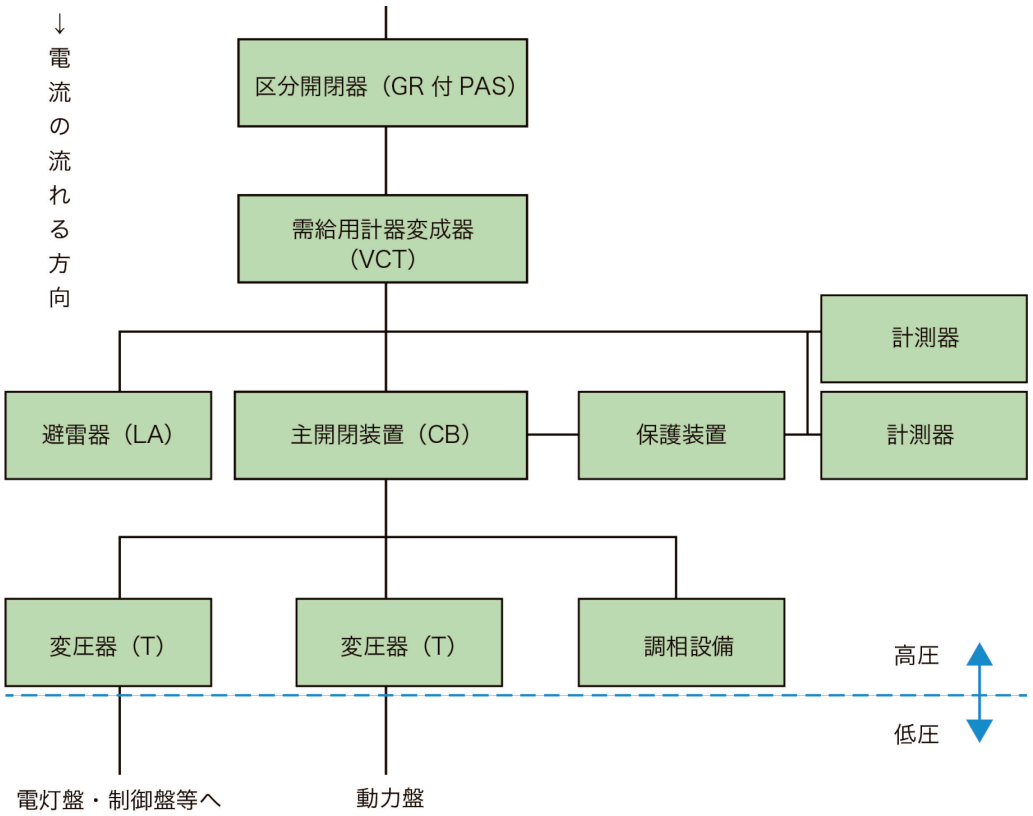


図 3.3.4.2-1　受変電・配電設備

memo

変圧器は常に運転（通電）状態にあることが多いため、その損失低減は重要です。

受変電設備は、高い電圧（6,600V 以上）で電力会社から供給される電気を事業所内の設備で使用できるように低い電圧に変換することと、短絡事故や過電流による機器の損傷及び系統電力に波及しないように遮断する装置（断路器、遮断器）、避雷器、過電流発生を検出して遮断する装置など電気を安全に使うための装置及び電力使用量、最大電力を計測計量する装置などから構成されている。配電設備は、変圧器で降圧された電気を事業所の各用途の分電盤等に電流遮断装置を介して配分する設備である。電流を遮断する装置を介して分電盤等に電気を送る設備で構成される。

2．受変電・配電設備の概要・特性

●変圧器

①変圧器の種類

油入変圧器：変圧器冷却の絶縁油を自然対流放熱による方式と強制循環させる方式、強制空冷方式がある。

・モールド変圧器：冷却に油を使用せず温度上昇対策を行いエポキシ樹脂で成型加工し（モールド）、冷却は空冷によるもので、軽量、小型化が可能。

・アモルファス変圧器：鉄心材料に非晶質アモルファス磁性合金を使用し、一般的なケイ素鋼板を使用する変圧器より無負荷損失が大幅に低減された高効率な変圧器

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

である。一方、負荷損失は大きくは低減されていないので高負荷率で常時使用される変圧器の場合は、省エネ効果は大きくはなくなる。
一般的なケイ素鋼板変圧器より高額でサイズが大きくなる。

②変圧器の省エネルギー

「トップランナー方式」は省エネ型製品の普及を目指して 2003 年 4 月施行の省エネ法に盛込まれたもので、変圧器は油入変圧器 2006 年、モールド変圧器 2007 年にトップランナー化された。2014 年度からは改正省エネ法に基づき、より省エネ性能を向上させた「トップランナー変圧器 2014」に切替えられた。メーカが新たに出荷する変圧器はトップランナー基準に準拠することが要求される。対象は「一次電圧が 6kV または 3kV」で容量が「単相 10kVA～500kVA」、「三相 20kVA～2,000kVA」のものが対象となる。（ガス絶縁、H 種乾式、スコット結線、モールド灯動（油入は対象）、水冷または風冷、多巻線変圧器は対象外）

「トップランナー変圧器 2014」に準拠した配電用変圧器は 1999 年の JIS 適合品と比較すると 30－40%の省エネルギーが図られており、JIS で「基準エネルギー消費効率」が定められている。

③変圧器のエネルギー損失とは

変圧器は磁気回路を構成する鉄心と電気回路を構成するコイルで構成され、一次側コイルに電圧が加えられると励磁しその電力は熱として放散される。負荷の有無にかかわらず発生する損失で無負荷損失、鉄損と呼ばれる。負荷が加わると 2 次コイルに電流が流れ、コイルの抵抗により電力は熱として放散される。負荷の大きさにより電流も変化し発生熱量は変化し、負荷損失、銅損[*1]と呼ばれる。負荷損失は負荷電流の 2 乗に比例する。

*1 **変圧器の負荷損と無負荷損**
➡用語解説 1）2）

④負荷率

負荷率[*2]が低い場合でも常時一定の無負荷損失が発生するため、低負荷率変圧器の稼働台数が多いと無負荷損失の比率が高いエネルギー損失となる。

*2 **変圧器の負荷率**
➡用語解説 3）

● 力率

誘導電動機や電気炉などコイルを有する負荷が多い場合は力率が遅れ側に低くなる。力率とは負荷が必要とする電力を供給するために必要な電力（皮相電力）に対して実際に負荷が消費した電力（有効電力）の割合を言う。

コンデンサ成分が含まれる場合、力率は進み力率となる。

電力会社との受電契約では基本料金の力率割引が算定され、力率が悪くなると（85%を下回る場合）割高な基本料金を支払うことになる。力率調整用コンデンサによって受電点の力率を適正に維持する。変動が大きい場合は調整用コンデンサ容量を切替える、追加するなどが必要となる。

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

「工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」では、受電端力率を 95%以上とすることを目標としており、表 3.3.4.2-1 に示す設備（表示された容量を超えるもの）について力率改善対策をとることを定めている。

表 3.3.4.2-1　力率の悪い機器例

設備名	容量(kW)
かご型誘導電動機※3	75
巻線型誘導電動機※3	100
誘導炉	50
真空溶解炉	50
誘導加熱装置	50
アーク炉	–
フラッシュバット溶接機（携帯型のものを除く）	10
アーク溶接機（携帯型のものを除く）	10
整流器	10,000

※3
誘導電動機を使用した設備（射出成型機など）も含まれます。

●配電

受変電設備（変圧器）から末端の負荷には降圧された電力が送電される。

配電線の電力損失は電路の抵抗と電流値の２乗の積になり、熱として放散される。配電距離が長い場合は電路損失が大きくなるため、送電電圧を高くする、変圧器で降圧せずに需要負荷施設に変圧器を設置して降圧して供給することも工場などでは行われることが多い。（サブ変電所）

●無停電電源装置（UPS）

コンピュータセンター、サーバーシステムや監視制御システムなど停電や災害時でも稼働することが要求され、近年はその比重が大きくなっている。高い信頼性を確保するために無停電電源（UPS）を使用するケースは多く、また、その容量も増大してきている。常時インバータ給電方式が信頼性や安定性の理由で普及しているが、常時通電していることによる電力の損失が生じている。近年、高性能パワーモジュール開発、インバータ損失の低減、負荷変動対応制御システムなど技術の進歩が著しく、97%の高効率機器も市場に出されており、10 年スパンで比較しても効率改善に著しい進歩がみられる。

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

3．対策候補選定時に考慮すべき事項

●情報把握

項目	基本情報
1．受電から分電盤までの全体構成、電力供給先の負荷	受電方式の確認、変電所の設置位置、変電所と負荷設備の距離、分電盤に接続されている負荷設備の種類と容量
2．電力の使用状況	電力会社との契約形態、電力使用量、最大需要電力、平均需要電力、負荷率
3．電圧	受電電圧、配電線の電圧、機器の電圧、
4．力率	受電点、変圧器 2 次側、個別負荷の力率。進相コンデンサが使用されていれば、その挿入位置、構成、定格。
5．変圧器	変圧器の定格仕様（型式、容量、相数、電圧、結線、利用率、需要率*4

memo

長年稼動しているビルでは、ビル内の各種機器の増減等で、各フィーダの需要率や負荷率、不等率が変化しています。配線や変圧器容量の見直しによる電力損失の削減余地があります。

*4 **需要率**

➡用語解説 4）

●変圧器を含め、受変電設備を構成する各機器は動作温度の上限が規定されている。受変電室の温度に影響を及ぼす可能性がある提案については、各機器の仕様など問題ないことを確認する必要がある。また、室内の温度分布に大きくムラが生じないことも確認することが重要である。

また、UPS は蓄電池があるため換気が重要である。

memo

受変電設備の機器のみを高効率機器に更新する場合は、費用対効果と劣化度を考慮して更新時期を決定します。更新時に配電盤に電路情報計測機器を設置し、系統ごとのエネルギー実状把握・管理すると、更新後の高効率化対策計画が容易となります。

●変圧器の統廃合を提案する場合、低負荷率か否かの最終的な判断は長期間（１年以上）の変動を把握することが必要であるため、スポット的計測や短期間の計測だけで判断をしてはならない。ただし、変圧器の容量に対してすべての負荷の最大電力量が確認できる時はこの限りではない。

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

4．診断ポイントと対策技術

機器設備	診断ポイント	対策種類	対策の例	シート番号
変圧器	負荷がない時間帯や廃止した設備や休止設備の変圧器は通電が遮断されているか	部分更新・機能付加	変圧器の無負荷時遮断（夜間稼動しない設備、撤去設備、休止中設備の変圧器の通電を遮断する。） 非常灯等の設備を有する施設については、検討対象外。	
	同じ電源系統に同一形式（相数：単相/３相、２次側の電圧、極性が同じ）の変圧器が複数台使用され、低負荷率となっていないか	運用改善	設備更新を伴わない変圧器の統合（同一形式の軽負荷の変圧器の統合と休廃止）	C22011
		設備導入	設備更新を伴う変圧器の統合（同一形式の軽負荷の変圧器を統廃合し、高性能機器に更新。変圧器の容量適正化も検討）	A22032 C22032
	高効率な変圧器が使われているか（高効率変圧器の効果が発揮されるのは負荷変動が大きく、特に低負荷率の割合が大きい時である）		高効率変圧器の導入（トップランナー基準が基本。同一容量でも従来品より外形寸法、重量が大きくなり注意が必要。寿命交換時期に、L2-Tech 機器の採用をすすめる）	A22031 C22031
変圧器室空調・換気	受変電室の空調設定温度は適正か（温度設定が低過ぎないか） 排気ファン運転を温度設定して行っている場合は、設定温度が低過ぎないか	運用改善	空調等の設定温度の緩和	A11316 C11316
無停電電源装置	無停電電源（UPS）の方式は常時インバータ給電方式か	設備導入	常時インバータ給電方式 UPS は高効率化が進んでおり旧型の更新を検討する。常時インバータ方式から常時商用給電方式への変更も条件によってはありうる （電力品質の低下に注意。常時商用給電方式は低コストで電力ロスも小さいが、商用電源から UPS への切替え時に瞬停が発生する）	

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

機器設備	診断ポイント	対策種類	対策の例	シート番号
負荷設備	力率が常に 95%以上か（100％に近いことが望ましいが）	部分更新・機能付加	力率改善制御の導入（受変電設備に進相コンデンサを設置する。すでに進相コンデンサが設置されている場合には、コンデンサを適切な容量に切替える。末端の誘導負荷（モータ）の直近に進相コンデンサを接続するほうが力率改善効果は大きい）	
	最大電力管理を行なっているか		デマンド制御の導入	A22023

参考図書

［1］『CO_2削減ポテンシャル診断　【実践ガイドライン 2019】』（環境省）
［2］『エネルギー診断プロフェッショナル認定試験公式テキスト』（省エネルギーセンター）

用語解説

1）変圧器の負荷損

変圧器の巻線（銅線）に負荷電流が流れることにより発生する損失。巻線の抵抗と負荷電流の２乗の積に比例する（オームの法則）。「銅損」ともいう。

2）変圧器の無負荷損

変圧器の鉄心を通る磁束が周期的に変化することにより発生する損失。変圧器が電源に接続されている間は負荷電流が流れていない状態（無負荷状態）でも発生する。「鉄損」ともいう。

3）変圧器の負荷率

変圧器の容量と負荷平均皮相電力の比

$$\text{変圧器の負荷率(\%)} = 100 \times \frac{\text{負荷の平均皮相電力(kVA)}}{\text{変圧器の容量(kVA)}}$$

トップランナー変圧器第二次基準では基準負荷率を以下のように定めている。

500kVA 以下の変圧器　40%
500kVA 超の変圧器　50%

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

4）需要率

負荷設備の総容量と最大需要電力の比。

$$需要率(\%) = 100 \times \frac{最大需要(kW)}{負荷設備の総容量(kW)}$$

分母は、負荷設備の総容量の代わりに変圧器総容量を使用することが多い。参考として業種別の需要率を下表に示す。

業種	需要率(%)	業種	需要率(%)
鉱山製錬	50～60	石油精製	50～70
建設業	45～60	窯業	65～70
食料品	50～65	鉄鋼	40～60
繊維	55～75	アルミニウム	50～60
紙パルプ	60～75	金属工業	35～50
化学工業	60～80	機械	35～50