

# 高圧受電設備の使用実態と進相コンデンサ容量の最適化 に関する調査研究

Research on Actual condition of receiving facilities  
and Numerical recommendation of the power capacitor

高圧受電設備の使用実態と進相コンデンサ容量の最適化  
に関する調査研究委員会

キーワード：高圧受電設備，進相コンデンサ，受電効率，負荷効率

## 1. はじめに

一般に、高圧受電設備には力率改善のために進相コンデンサ（以下 SC とする）が設置されている。夜間、休日等の軽負荷時にこの SC の影響により配電系統全体が進み力率となると、フェランチ効果により高圧配電系統の電圧が上昇することがある。近年、負荷密度が高い高圧配電系統では SC の総容量も多く、フェランチ効果が顕著となる場合もある。

そこで、高圧受電設備における SC の実態把握と、容量を含めた最適な SC 設備のあり方についての調査研究の必要性から、本調査研究委員会（委員長：中村光一（名古屋工業大学教授））では、平成 15 年度に実施した「エネルギー設備の使用実態を踏まえた分散型電源導入時の影響評価に関する調査研究」の成果を引継ぎ、最適な SC 設備の定量的な分析とシミュレーションを背景として、提案と実行戦略を継続的に検討している。

本稿では、平成 15 年度の調査研究結果概要と平成 16 年度の調査研究の方向性について紹介する。なお本調査研究は、中部電力株式会社からの委託研究である。

## 2. 平成 15 年度の調査研究成果

### 2.1. 高圧受電設備の SC 設置状況

約 6,000 軒の高圧受電設備を対象に、SC 設備に関する実態調査を行った。図 1 に、三相変圧器合計容量に対する SC 容量の割合（以下、SC/3 Tr 比という）を、三相変圧器合計容量区分毎に平均値として示す。SC/3 Tr 比は全体的に 30%前後で、高圧受電設備の設計において一般に言われる「SC 容量 = 三相変圧器容量の 3 分の 1」に近い値が確認できた。また三相変圧器容量が小さいほど、SC/3 Tr 比が大きくなる傾向がある。

また、力率調整の観点から、自動力率調整装置の設置

率の調査した結果を図 2 に示す。設置率の平均は 5.2%であり、図 2 より変圧器総容量が小さいほど設置率が低い。

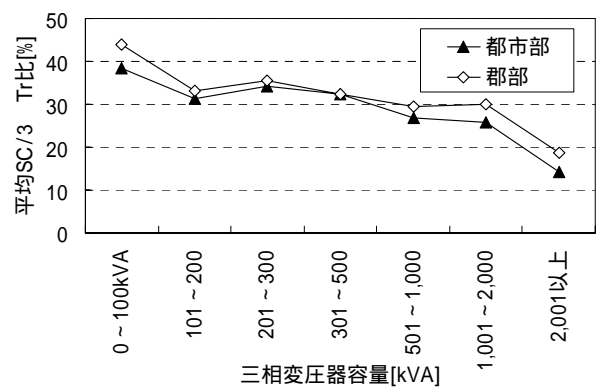


図 1 三相変圧器容量別の SC/3 Tr 比

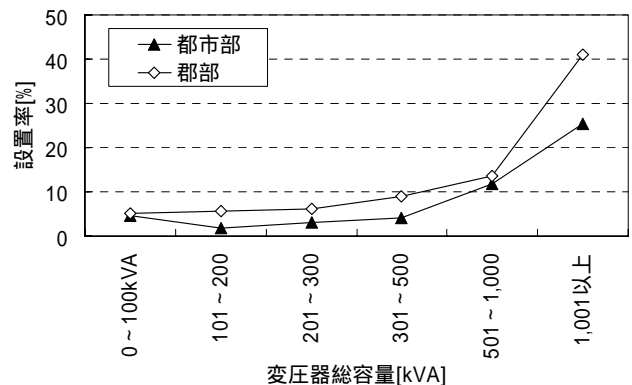


図 2 自動力率調整装置の設置率

### 2.2. 高圧受電設備の力率の実態

#### (1) 受電点力率

過去の調査研究等で計測された 13 件の受電点の電圧、電流データから力率を求めた。図 3 に、自動力率調整がない受電設備の有効電力、無効電力（マイナスが進み側）、力率の実測例（事務所ビル、夏季）を示す。昼間は有効電力が大きく、力率はほぼ 1 となっているが、夜間は有効電力が小さく、力率は進みの 0 に近い。これは、有効電力の大小に関わらず、高圧 SC は昼夜一定容量（100kvar）が投入されているためである。また、自動力

率調整がある場合には、夜間にはSCが開放されるなどして、力率はほぼ1となる結果が得られた。

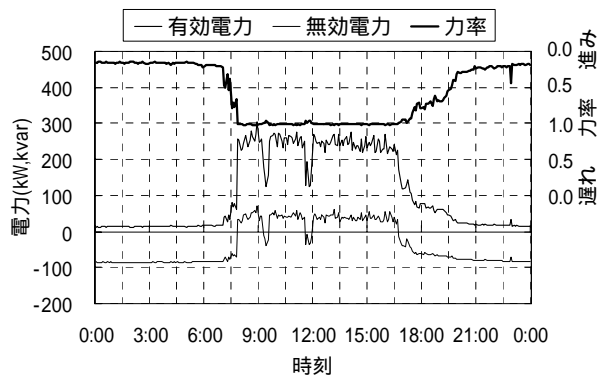


図3 自動力率調整なしの受電設備での力率実測例

## (2) 負荷力率

受電点の無効電力(実測値)からSCの無効電力(計算値)を差し引くことにより、その需要家の負荷力率(需要家内部で使用される負荷機器全体の力率)を推定した。有効電力 - 無効電力および有効電力 - 力率の特性の一例を図4に示す。15年度は、13件のデータ分析から以下のことを確認した。

- ・受電点の有効電力 - 無効電力特性はおおむね直線で近似できる(相関係数が0.9以上)。
- ・負荷力率は、有効電力が大きいところではおおむね一定である。

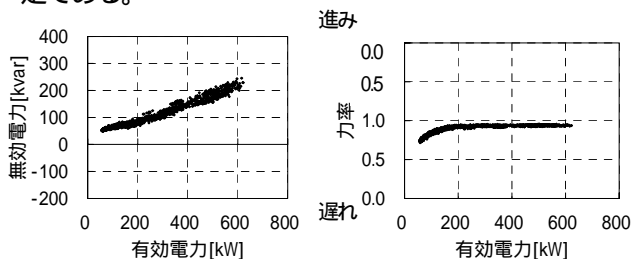


図4 負荷機器全体の電力、力率相関分析例

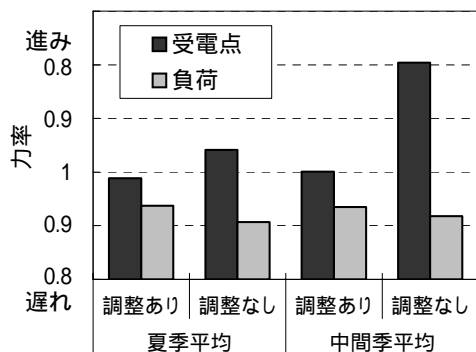


図5 季別、調整有無別の力率平均値

一方、電力会社の最大需要電力の算出と同様の下記式で求めた力率について、季別、自動調整有無別に平均し

た結果が図5である。

$$\text{力率} = \text{有効電力量} / (\text{有効電力量}^2 + \text{無効電力量}^2)$$

有効、無効電力量は8時から22時の間の積算値

これより次のことがわかる。

- ・受電力率は、自動力率調整ありの場合はほぼ1.0、調整なしの場合は、夏季、中間季共に進み力率にあった。
- ・負荷力率は、季別、自動力率調整有無別に関係なく、0.9から0.95の範囲にあった。これらの値は、一般的に言われている「SC容量 = 三相変圧器容量の1/3」と定める前提条件が、力率0.85(遅れ)の負荷を0.95に改善するのに必要な容量であることを考えると、最近の負荷機器の力率は0.9(遅れ)以上に改善されていることを念頭に置かなければならない。

## 2.3. 最適なSC容量の検討

SC容量は自動力率調整等により負荷使用状況に応じて最適に制御されることが望ましい。しかしながら小規模受電設備では自動力率調整装置はコストの点からあまり採用されていないようである。

本研究では自動力率調整なしの需要家に対し、最適なSC容量について検討した。

検討に際し、需要家の電力料金メリットを考慮し、夏季の受電力率が1を確保することができるSC容量を算定するものとし、現在の取り付け容量からの削減可能容量を試算した。

- ・平均的な負荷力率は0.9(遅れ)程度であり、それを受電点で夏季に0.95(進み)に改善していたため、現状のSC容量は0.8[kvar/kW]程度である。
- ・これに対し、受電点力率を0.9(遅れ)から1.0に改善するSC容量は0.48[kvar/kW]でよい。
- ・上記理由より、SC容量は現在の60%程度(=0.48/0.8×100)に削減できることが分かる。
- ・削減比率を三相変圧器容量に対する比率で表現すると、 $1/3 \times 0.48 / 0.8 = 1/5$ となり、従来の「3分の1」から「5分の1」の容量に削減できることとなる。ここにSC容量を三相変圧器の5分の1とする「5分の1ルール」を提案するものである。

## 2.4. 配電系統への影響

需要家内にあるSCが配電系統電圧に与える影響を、図6のような簡易モデルを使って計算した。図7は計算結果の一例であり、配電系統上の各点の電圧を、配電用変電所の送電端から見た電圧降下として示している。

計算で用いたパラメータを以下に示す。

- ・A～Dの各需要家は、力率0.9(遅れ)の負荷を使用
- ・SC設備は、固定式で、容量は300kvarを使用
- ・各需要家の消費電力は200～500kWの範囲で変化

このモデルは、需要家のSCが常時投入されたまま、負荷の消費電力が昼間は大きく夜間は小さくなることに相当する。これより、消費電力が小さくなる場合には、送電端よりも電圧が上昇する場合があることが確認できた。

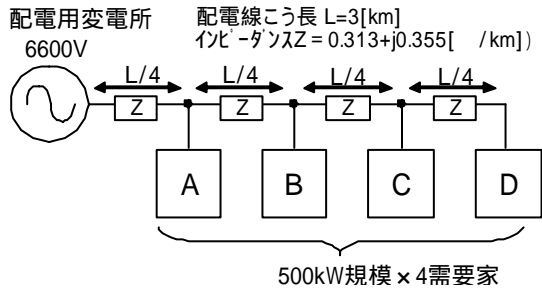


図6 配電システムの簡易モデル

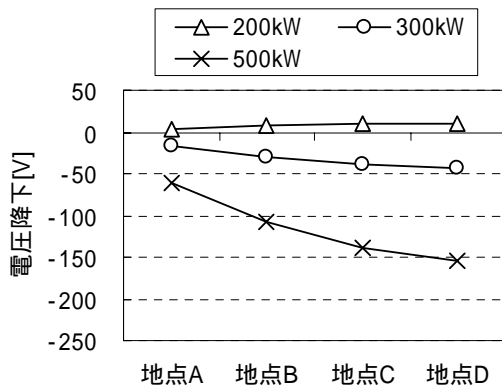


図7 配電システムの各地点の電圧降下

### 3. 平成16年度の調査研究概要

#### 3.1. 調査研究の方向性

15年度調査研究の主な成果は、次の3点である。

- ・SC容量は三相変圧器容量の3分の1程度が実態であり、大部分が系統に常時投入されている。
- ・負荷力率は平均的な値として0.9(遅れ)程度であり、「3分の1」の根拠である0.85(遅れ)よりも良い。
- ・平均的には、SC容量を三相変圧器容量の5分の1にしてよい。

これらの結果を踏まえ、負荷機器の力率や使用実態に合った最適な容量のSCの設置と、自動力率調整装置や低圧SCの設置を推奨するため、調査研究を継続している。

#### 3.2. 調査研究概要

##### (1)自動力率調整装置の設置状況の詳細調査

15年度調査研究で調査した自動力率調整装置につい

て、詳細調査を継続して実施中である。これまでの調査結果で次のことを確認した。

- ・自動力率調整は低圧側のSCにより行われる設備が多い（軒数比で、高圧SC側調整:低圧SC側調整=3:7程度）。
- ・低圧SCで自動力率調整をしている場合にも、さらに高圧SCを三相変圧器容量の3分の1に近い容量で設置している設備が多い（合計SC容量が「3分の1」を大幅に超えている例もある）。

##### (2) 力率の実測調査

15年度は事務所ビルを主な対象としたが、16年度は6業種(製造業, 事務所, 店舗, 病院, 学校, ホテル)、2規模(小規模: 契約電力200kW程度, 中規模: 同500kW程度)とし、計12需要家において、夏季と中間季の受電点力率の実測を行った。これより15年度には平均的に0.9(遅れ)よりも良いと推定された負荷力率について、業種による特徴把握と分析を行う。

##### (3) SCが配電系統電圧へ与える影響評価

実態調査の結果から、配電系統電圧計算のための需要家モデルを構築する。モデルとしては、需要家の負荷機器全体を模擬したP-Q特性で近似するモデル等を検討している。またその需要家モデルを配電系統モデルに当てはめて、SCの設置条件を変えた場合の配電系統電圧計算を行う予定である。

## 4. 今後の課題

本報告では8時から22時の時間帯での受電点の力率調整の関係を述べたが、それ以外の時間帯では軽負荷による電圧上昇が大きいという別の問題が顕在している。これについては別途報告したい。また、「5分の1ルール」は将来の需要家設備の増加に対処できるか検討したい。

本調査研究は、電力会社、需要家、設備関係者の三者に対し共にメリットが出る最適なSCの設置方法の提案を目指しており、16年度までは、SCの実態調査ならびに配電系統側の影響評価を主体的に実施している。今後は需要家の視点に立ち、自動力率調整装置や低圧SCの設置によるメリットを、エネルギー効率、コスト、電源品質、機器信頼度等、多様な面から検討していきたい。

最後に、当調査研究委員会のメンバー各位並びに中部電力株式会社関係各位に深謝する次第である。

(文責: 小林 浩(㈱トーエネック), 中村光一(名古屋工業大学))