

三相電源に单相負荷を接続させる場合の電圧の不平衡の防止

運用改善・
部分更新



対策概要

- 受変電、配電設備において、三相電源に单相負荷を接続させるときは、電圧の不平衡を防止するよう管理基準を設定し、効率を向上させる。

導入可能性のある業種・工程

- 全業種

原理・仕組み

- 三相電源に单相負荷を接続する場合は、管理基準を設定し、各相のバランスをとり電圧の不平衡を防止する。特に单相負荷の多い回路では、相が均等になるよう負荷の切り替え等を行う。

管理基準の例

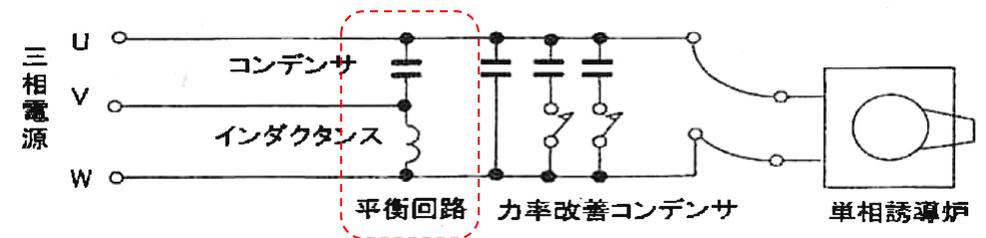
内容	管理基準	記録頻度
<ul style="list-style-type: none">● 電圧・電流等の計測・記録 各計測値より、次の項目を算出・記録する。<ul style="list-style-type: none">・変圧器の需要率・受電点における電圧変動・電圧低下率・三相電圧不平衡率	三相電圧 不平衡率 3%以内	1回/月

- 三相電圧不平衡とは、大きな单相負荷を接続して相の電圧降下がアンバランスになったとき等、配電線のインピーダンスが平衡していない場合に受電端の電圧が不平衡となること。
- 不平衡になると三相電圧中の逆相分が増加して、三相誘導電動機やタービン発電機に加えられると、大きな逆相電流が流れ温度上昇や効率の低下を招くことになる。

対策イメージ[1]

【例】電気加熱設備における三相不平衡防止

- 誘導炉は单相負荷が標準であるので、これを三相電源に接続すると、特に大容量の場合、各相の電圧不平衡をきたし電力損失の増大を招くことがある。この対策として、下記の図のような平衡回路を設けている。
- このような回路がない場合には、電源側にT結線変圧器やスコット結線変圧器を入れる等工夫が必要である。



電圧不平衡対策例

出所) [1]一般財団法人省エネルギーセンター「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改定7版」より作成

効率・導入コストの水準

- 効率水準：－
- 導入コスト水準：－

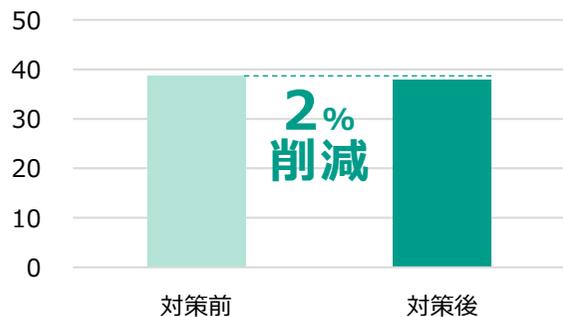
導入効果

- 三相の動力系統において、電圧不平衡率を4%から3%に改善したケースにおける試算例は以下のとおり。

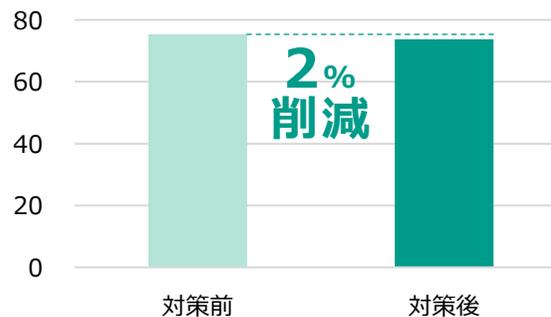
導入効果の試算例

- 各指標で2%削減できる試算結果。

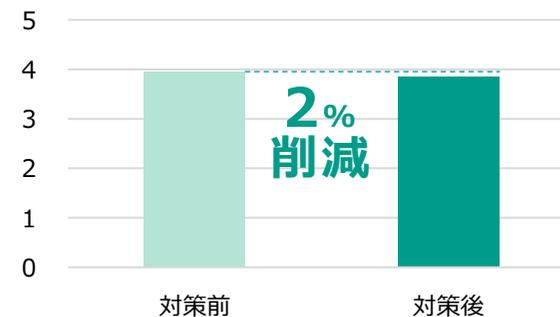
エネルギー消費量 (kL/年)



CO₂排出量 (t-CO₂/年)



エネルギーコスト (百万円/年)



三相電源に单相負荷を接続させる場合の電圧の不平衡の防止

運用改善・
部分更新



計算条件

- 三相の動力系統において、電圧不平衡率を4%から3%に改善したケースを想定した。

項目	記号	Before	After	単位	数値の出所、計算式
電気の単価	①	22.76	22.76	円/kWh	【参考①】
電気のCO ₂ 排出係数	②	0.434	0.434	t-CO ₂ /千kWh	【参考①】
電気の一次エネルギー換算値	③	8.64	8.64	GJ/千kWh	【参考①】
消費電力の増加率	④	5	3	%	資料 ^{[2][3][4][5]} を基に消費電力の増加率は以下の式により近似されるとして想定 消費電力の増加率 = $((1+1\div 19.1)^K - 1)^2 \times 100$ K：電圧不平衡率 一次巻線の等価抵抗：0.85Ω、二次巻線の等価抵抗0.47Ω、すべり：0.05の場合
電動機の定格消費電力	⑤	11	11	kW	想定値
電動機の台数	⑥	3	3	台	想定値
年間運転時間	⑦	5,000	5,000	h/年	想定値
電力消費量	⑧	173.3	170.0	千kWh/年	$⑤ \times (1 + ④ \div 100) \times ⑥ \times ⑦ \div 1,000$
エネルギー消費量	⑨	1,497	1,468	GJ/年	$⑧ \times ③$
エネルギーの原油換算係数	⑩	0.0258	0.0258	kL/GJ	【参考①】

出所) [2]経済産業省「電気設備の記述基準の解釈」20231211保局第2号、経済産業省大臣官房技術総括・保安審議官https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/dengikaishaku.pdf (閲覧日：2023年2月9日)

[3]東京工業大学「自励式半導体電力変換装置による電力系統電圧安定化に関する研究、江口直也」<https://t2r2.star.titech.ac.jp/rwrs/file/CTT100725533/ATD100000413/> (閲覧日：2023年2月9日)

[4]公益社団法人日本電気技術者協会「誘導電動機の入力と出力、各種特性、比例推移、始動後の速度特性」<https://ieea.or.jp/course/contents/12130/> (閲覧日：2023年2月9日)

[5]J-stage「電力系統における逆相電流限の回転機におよぼす影響、今井三郎、宮城弘」https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejournal1888/79/851/79_851_1065/_pdf/-char/ja (閲覧日：2023年2月9日)

計算結果

項目	記号	Before	After	単位	計算式
エネルギー消費量	⑪	38.6	37.9	kL/年	$⑨ \times ⑩$
CO ₂ 排出量	⑫	75.2	73.8	t-CO ₂ /年	$⑧ \times ②$
エネルギーコスト	⑬	3.94	3.87	百万円/年	$⑧ \times ① \div 1,000$

備考