

第2章 研究内容報告

1. 大学施設 BEMS 改良及び週休二日制導入とコロナ禍がエネルギー消費量に与えた影響分析

(1) 研究概要

本研究は、大学施設の継続的な省エネルギーの実現を目的として、エネルギー消費量の新型コロナウイルス感染症の影響分析、完全週休2日制によるエネルギー消費量の増減要因の分析、BEMS表示情報の改良を実施した。対象の建物は、愛知工業大学八草キャンパス内にある新2号館である。

大型モニターには、新2号館の利用者に対し、現在のエネルギー使用状況を把握してもらうことを目的に2016年からエネルギー消費量の変化を表示している。その後、2017年及び2019年にも表示内容の変更などの改善が行われているが、今年度は視認性の向上を目指し、表示画面のデザイン変更と変更に伴うVBAの改良作業を行った。

2019年末からの新型コロナウイルスの感染拡大、また大学が2021年4月から完全週休2日制となったため、これらの変化がエネルギー消費量に与える影響について分析を行った。コロナウイルスの影響については、前期は大学の入構禁止措置などもありエネルギー消費量は減少したが、後期には対面授業も開始され、換気の増加や気象条件の影響もあり過年度より増加し、年間としても若干増加する結果となった。完全週休2日制の影響については、エネルギー消費量の傾向としては土曜日と日曜日が近づくことは確認できたが、ベース電力の増加により平日と土曜日のエネルギー消費量の差は過年度よりも縮小し、土曜日のエネルギー消費量自体は減少しなかった。

(2) 研究内容報告

大学施設BEMS改良及び週休二日制導入とコロナ禍がエネルギー消費量に与えた影響分析

1. 研究の目的

大学施設の継続的な省エネルギーの実現



- ・2015年から運用されているBEMS表示情報の改良
- ・コロナ禍がエネルギー消費量に与えた影響分析
- ・完全週休二日制導入による影響分析

2. 対象建物概要

愛知工業大学八草キャンパス内にある新2号館



- 空調設備：地下階はGHP、地上階はEHP
- 換気設備：各室内機に対し全熱交換器が1台
- 照明設備：全てLED

2. 測定データ

電気系

- ・EHP ⇒ 1階から6階の空調が対象
- ・コンセント系 ⇒ 研究室以外の共有コンセント
全ての全熱交換器
室内機が対象
- ・電灯系 ⇒ 照明等電灯が対象
- ・研究室系 ⇒ 研究室のコンセントが対象

ガス系

- ・GHP ⇒ 地下階の空調が対象

3. 大型モニターBEMSについて

大型モニターにBEMS画面を表示する目的

- ・新2号館の使用者に対し、現在のエネルギー使用状況を把握してもらうこと
- ・過年度よりエネルギーが増加している場合には、省エネルギーとなる行動を心がけてもらうこと

今年度の研究での大型モニターBEMS変更の目標

- ・視認性の向上
- ・省エネに対する意識の更なる向上

5

3. 大型モニターBEMSについて

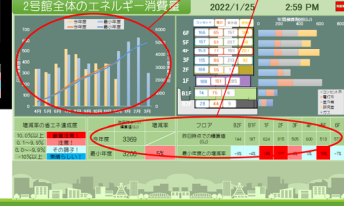
1. 比較年度の変更

- 旧ソフト
・昨年度
・最大年度
・最小年度
- 新ソフト
・最小年度

変更前BEMS画面



変更後BEMS画面

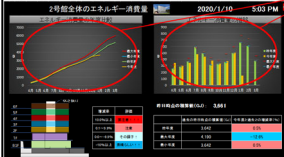


6

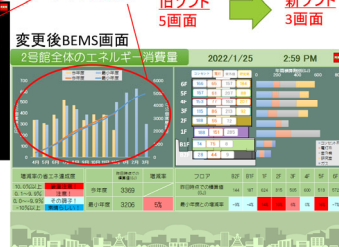
3. 大型モニターBEMSについて

2. 画面数の変更

変更前BEMS画面



変更後BEMS画面



7

3. 大型モニターBEMSについて

新ソフト追加グラフ

階別年間エネルギー消費量グラフ

【追加理由】

- ・旧ソフトでは各系統の使用割合の表示が無かったため

【表示する利点】

- ・電気4系統の使用割合が階別で直感的にわかる
- ・断面図上に年間積算値を表示し、グラフではわからない詳細な数値を確認できる



8

3. 大型モニターBEMSについて

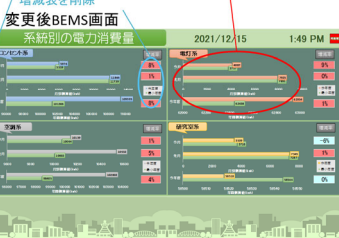
今月・先月・年間比較グラフ

- ・今月・先月のデータを新たに追加し、差がわかりやすい棒グラフに変更

変更前BEMS画面



変更後BEMS画面



9

4. 新型コロナウイルス感染症の影響分析

新型コロナウイルス感染症の状況

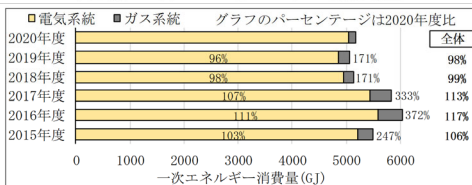
日付	対策措置
5月4日	遠隔授業が開始され、学生は入構せず自宅等で授業を受講
5月14日	緊急事態宣言解除
5月18日	キャンパス内一部施設が開放され、許可のもと研究活動再開
5月25日	学内施設が開放され、一部の実験・実習科目、研究活動再開
6月1日	面接授業開始
7月28日	入構禁止(学内感染者増加)となり、全面授業・試験を中止
12月3日	入構禁止(学内感染者増加)となり、全面授業を中止
12月14日	これ以降、入構禁止などの措置無し

新2号館への学生入構禁止期間: 2020年4月1日～5月17日、7月29日～8月9日、12月3日～8日

10

4. 新型コロナウイルス感染症の影響分析

建物全体のエネルギー消費量



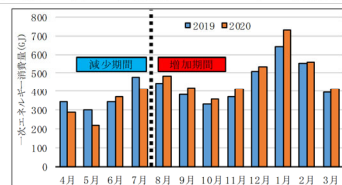
ガス系統大幅減少・電気系統は昨年度より微増

年間合計では2018・2019年度よりも2020年度の消費量が大きくなった

11

4. 新型コロナウイルス感染症の影響分析

建物全体の月別エネルギー消費量

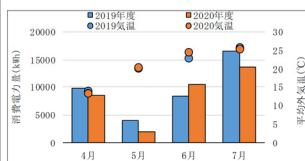


エネルギー消費量減少期間: 2020年度4月～7月までの4か月

エネルギー消費量増加期間: 2020年度8月～翌年3月までの8か月

12

4. 新型コロナウイルス感染症の影響分析 減少期間EHP消費電力量



・EHPは外気温との相関が強い
・2019年度より2020年度の外気温が高い6月は消費電力量が増加している

・その他の月では2019年度と2020年度の外気温がほとんど変わらないにも関わらず消費電力量が減少している

➡ EHPの消費電力量の減少要因は、新型コロナウイルス感染症の影響

13

4. 新型コロナウイルス感染症の影響分析 増加期間EHP消費電力量(1・2月)



・いずれの年度も外気温が低いほど増加する傾向はあるが、近い外気温でも2020年度の消費電力量の方が大きい傾向がある

・その他の月では2019年度と2020年度の外気温がほとんど変わらないにも関わらず消費電力量が増加している

➡ EHPの消費電力量の増加要因は、新型コロナウイルス感染症による前期の遅れの反動と平均外気温の影響

14

5. 完全週休2日制の効果分析

- ・2021年度の4月から導入
- ・分析の期間は各年度の4～8月とする
- ・完全週休2日制導入→土曜日の消費電力量が小さくなる

平日比較 平日に対する土曜日の消費電力量(kWh) × 100
土曜日の減少率(%) = 100 - 平日の消費電力量(kWh)

→減少率が**高い**ほど消費電力量の差が**大きく**なり週休2日制の効果が確認できる

日曜比較 土曜日に對する日曜日の消費電力量(kWh) × 100
日曜日の減少率(%) = 100 - 土曜日の消費電力量(kWh)

→減少率が**低い**ほど消費電力量の差が**小さく**なり週休2日制の効果が確認できる

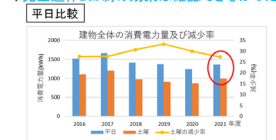
15

5. 完全週休2日制の効果分析 建物全体の消費電力量(土曜との比較)

【平日比較の減少率】

27%で最も小さい数値

→完全週休2日制の効果は確認できなかった



【日曜比較の減少率】

6.93%で最も小さい数値

→完全週休2日制の効果は確認できた



→全体で消費電力量が増加しており、週休2日制での消費電力量の減少の効果は確認できなかった

16

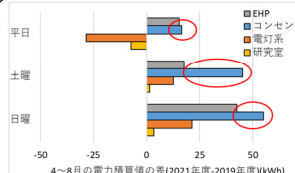
5. 完全週休2日制の効果分析 系統別消費電力量(2019年度比)

- ・コロナの影響で2020年度は通常のデータが取れていないため2019年度と比較する
- ・EHP・コンセント系が大きく増加している

【コンセント系の消費電力量の差】

平日: 17kWh 土曜日: 45kWh

日曜日: 55kWh



➡ コンセント系のベース電力の増加が考えられる

17

5. 完全週休2日制の効果分析 コンセント系時別消費電力量(2019年度比)

【昼間の消費電力量(14時)】

2021年度: 約24kWh

2019年度: 約23kWh

【消費電力量の差】

昼間: 約1kWh増加

深夜帯: 約3kWh増加

【ベース電力(夜間電力)】

2021年度: 約16kWh

2019年度: 約13kWh

【ベース電力を引いた昼間の消費電力量】

2019年度: 23 - 13 = 約10kWh

2021年度: 24 - 16 = 約8kWh

➡ 2021年度の方が2kWh小さい

18

5. 完全週休2日制の効果分析 コンセント系階別消費電力量(2019年度比)

【消費電力量の差】

B2・B1・1階

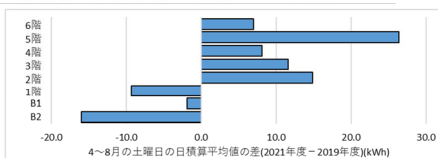
2019年度より**減少**

2・3・4・5・6階

2019年度より**増加**

特に2・3・5階が大幅に増加

5階: 約26kWh増加



【コンセント系ベース電力の増加要因】

コンセント系に室内換気のための全熱交換器の送風機電力も含まれるため

コロナ感染症対策としての常時換気の実施や換気風量を強に変更した室が増加したことが予想される

19

6. まとめ

- エネルギー消費量の新型コロナウイルス感染症の影響分析を行い、コロナ禍が消費電力量に影響を与えていたことが確認できた
- 完全週休2日制によるエネルギー消費量の増減要因の分析を行ったが、完全週休2日制の効果は確認できなかった
- 新2号館の継続的な省エネルギー化実現に向けて大型モニター表示BEMS画面の改良を行い、視認性等が改善された

20

(3) 主な使用機器

- ・備品登録名: パーソナルコンピュータ (本体), 資産番号: 42100282
- ・備品登録名: WEB サーバ搭載広域分散型・遠隔計測システム, 資産番号: 4150

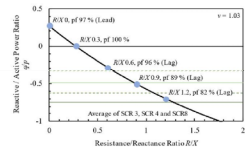
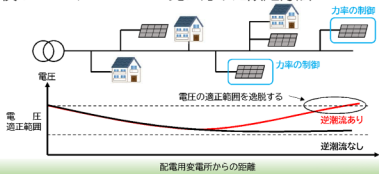
2. インバータ電源大量導入時における電力系統の電圧制御に関する研究

(1) 研究概要

近年、導入が進む太陽光発電や風力発電では一般に電流制御形インバータが使用されるため、電圧維持能力の観点では同期発電機を用いた火力発電などの在来型電源より劣る。また、これらの電源は電力システム末端部に接続されることが多いため、これらが大量に連系された電力系統では電圧変動や電圧安定性など電圧に係わる技術課題の生じることが懸念される。

本研究では、インバータ電源の導入時の電圧問題について、背後インピーダンスの R/X 比、短絡容量比をパラメータとして、インバータの力率と電圧の観点から分析を行った。具体的には、一機無限大母線システムモデルに、電力については短絡容量を、電圧については無限大母線の電圧を用い規格化することで、インバータ力率などをパラメータとした $P-V$ 曲線を作成した。それを用いて、インバータ端電圧を一定に制御した場合における背後インピーダンスの R/X 比とインバータ力率の関係について分析した。その結果、インバータ端電圧を無限大母線電圧の 1.03 倍程度とすれば、送電系統、高圧配電系統を想定する R/X 比 1.0 程度まで、それぞれの R/X 比に合わせた適切なインバータ力率であれば、ほぼ一定力率での運転が可能であることを示した。

(2) 研究内容報告

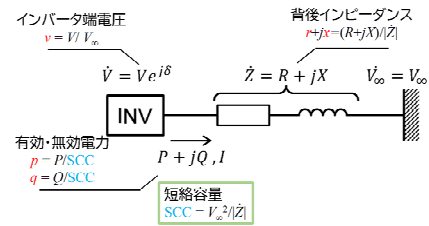
RIT 愛知工業大学 インバータ電源大量導入時における 電力系統の電圧制御 —背後インピーダンスに応じた適切なインバータ力率の選定— 山田 康暉* 梅野 悠希 竹嶋 大輝 七原 俊也 雪田 和人 松村 年郎(愛知工業大学) 2022年 1月 21日 電気学会 B部門 電力系統技術研究会	RIT 愛知工業大学 目次 1. 研究背景と目的 2. 力率制御を考慮したモデルと式の導出 3. R/X 比に応じたインバータ力率の選定法の提案と評価 4. まとめと今後の課題 
RIT 愛知工業大学 目次 1. 研究背景と目的 2. 力率制御を考慮したモデルと式の導出 3. R/X 比に応じたインバータ力率の選定法の提案と評価 4. まとめと今後の課題	RIT 愛知工業大学 研究背景と目的 • 電流制御形インバータ電源の導入量増加時には電圧変動の問題がある • 電流制御形インバータ電源大量導入時において、電圧変動を抑制する定力率運転について、力率の設定方法を提案する ⇒ 背後インピーダンスの R/X 比に応じた設定方法 

目次

1. 研究背景と目的
2. 力率制御を考慮したモデルと式の導出
3. R/X 比に応じたインバータ力率の選定法の提案と評価
4. まとめと今後の課題

5

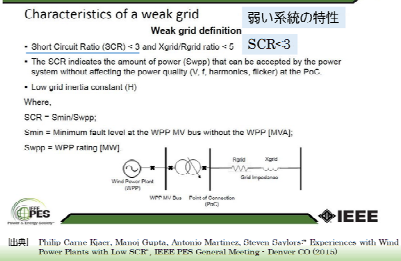
モデルの概要



6

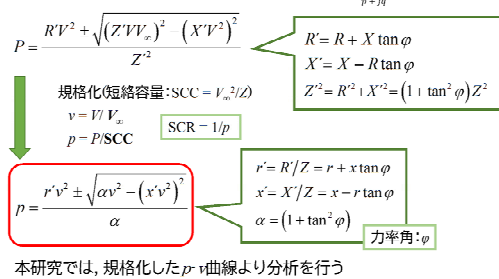
短絡容量比の限界値に関する目安

短絡容量比(Short Circuit Ratio): $SCR = 1/p - SCC/P$



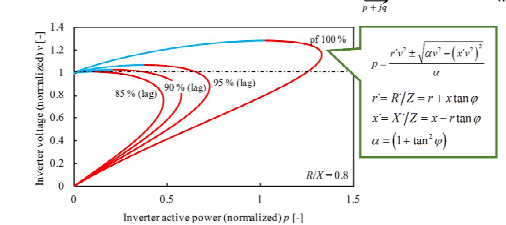
7

インバータ定力率運転時 $p-v$ 曲線



8

インバータ力率が $p-v$ 曲線に与える影響



電圧抑制のため、適切な力率による制御が必要となる

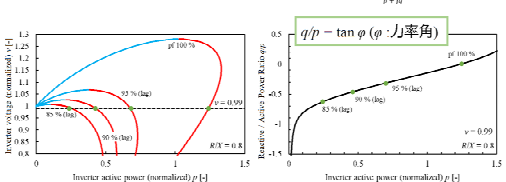
9

目次

1. 研究背景と目的
2. 力率制御を考慮したモデルと式の導出
3. R/X 比に応じたインバータ力率の選定法の提案と評価
4. まとめと今後の課題

10

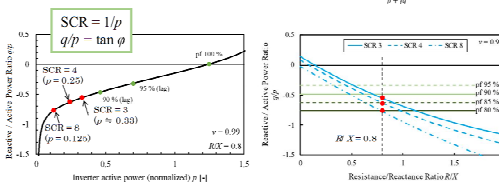
インバータ有効電力とインバータ力率の関係



インバータ有効電力 p と電圧 v の関係を示す $p-v$ 曲線から、電圧を一定とした場合のインバータ有効電力 p とインバータ力率の関係を導出

11

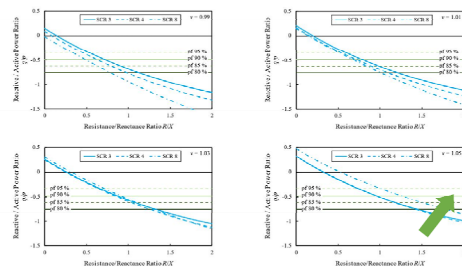
電圧一定時 R/X 比とインバータ力率の関係



インバータ電圧 v を一定として各 SCR (インバータ有効電力) ごと、 R/X 比とインバータ力率 (q/p) の関係から分析をする

12

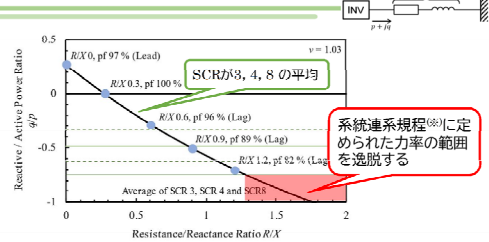
適切な電圧目標値の選定



電圧の条件を変更する⇒**が1.03程度**でほぼ同じ形状となる

13

R/X 比による適正なインバータ力率の選定

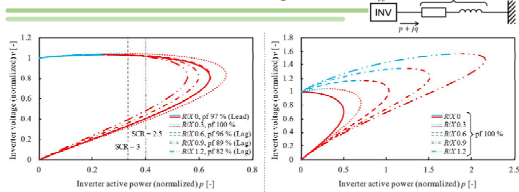


背後インピーダンスの R/X 比に応じたインバータ力率を選定できる

(※) 一般社団法人日本電気協会、系統連系規程、2019

14

提案する力率制御を行った場合の $p-v$ 曲線



・提案手法で力率を制御した場合
どの R/X 比、力率条件の曲線も
比較的似通っている

・全て力率100%の場合
 R/X 比が大きくなると
インバータ端電圧が上昇する

15

目次

1. 研究背景と目的
2. 力率制御を考慮したモデルと式の導出
3. R/X 比に応じたインバータ力率の選定法の提案と評価
4. まとめと今後の課題

16

まとめと今後の課題

まとめ

- ・インバータ出力に変動があってもインバータ端電圧を安定的に制御できる手法を提案した
- ・そこでは、インバータ端電圧を背後電圧の1.03倍程度を目標とし、背後インピーダンスの R/X 比に合わせた一定力率による制御とする

今後の課題

- ・低圧配電系統のような R/X 比が1.2程度以上の場合には、選定するインバータ力率が80%以下となるため、適用が難しい
⇒低圧配電系統を対象とした制御手法の提案が必要
- ・背後インピーダンスの抵抗分が大きい場合には、送電損失が無視できない
⇒送電損失面からの分析も必要

17

(3) 主な使用機器

- ・固定資産登録品名：ノートパソコン、資産番号：42000841

3. 系統周波数低下時における風力発電の慣性応答の可能性評価

(1) 研究概要

近年、資源の枯渇や地球温暖化への懸念から、電力系統へ太陽光や風力といった、再生可能エネルギー電源の導入量が増加している。再エネ電源はインバータを介して電力系統へ接続され、これらの電源が増加すると相対的に同期発電機の割合が減少し、系統の慣性が低下する。その結果、系統事故が生じた際には、周波数を一定に保つ力が弱くなるため、周波数変動が増大する恐れがある。一方、近年の風力発電機では高速な出力制御が可能であり、系統事故時には風車出力を制御することで同期発電機のような慣性を疑似することが可能である。

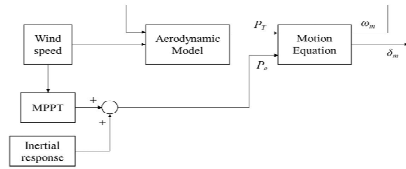
そこで本研究では、風力発電の慣性応答の可能性についてシミュレーションにより評価した。その結果、単位慣性定数 10s の可変速風力発電を対象とした場合、5～10%かつ数十秒程度の出力増大は風車失速等を起こすことがなく、実現の可能性があることが分かった。ただし出力制御をした際の風車回転数の回復方法の検討や、風車の出力制御を織り込んだ電力系統での周波数変化の解析、周波数検出方法の検討は今後の課題である。

(2) 研究内容報告

AIT愛知工業大学 系統周波数低下時における 風力発電の慣性応答の可能性評価 原田 浩輔 七原 俊也 雪田 和人 松村 年郎（愛知工業大学） 4WEB3 風力発電 II 169 原田浩輔（愛知工業大学） 1/15	AIT愛知工業大学 目次 1.研究背景・目的 2.風力発電モデル 3.シミュレーション条件 4.シミュレーション結果 5.まとめと今後の課題 4WEB3 風力発電 II 169 原田浩輔（愛知工業大学） 2/15
AIT愛知工業大学 研究背景・目的 背景 ・資源の枯渇、地球温暖化への懸念から再生エネ電源の導入量が増加傾向にある ・再生エネ電源が増加すると同期発電機の割合が減少し、電力系統の慣性が低下する ・その結果、電源脱落など系統擾乱が発生した際に広域的な停電に進展するなど系統安定性に悪影響を与える可能性がある 今後の電源構成の見通し（平成30年7月時点） 出典： https://www.enecho.meti.go.jp/commissecouncil/bsic/policer_subcommissec327.pdf#327_009.pdf 4WEB3 風力発電 II 169 原田浩輔（愛知工業大学） 3/15	AIT愛知工業大学 研究背景・目的 ・風力発電機には回転体があり、エネルギーが蓄積されている ・系統擾乱時にはインバータを制御することで、エネルギーを放出し、短時間であれば疑似的に慣性を再現することが可能 目的 ・系統擾乱時の周波数低下の緩和を目的とした風力発電の慣性応答の可能性についての評価を行う 図2 慣性力向上による周波数変化の改善 周波数変化率(RoCoF)の最小 周波数最大低下(Nmin)の最小 出典： https://www.denkishaibun.com/sp/30923 4WEB3 風力発電 II 169 原田浩輔（愛知工業大学） 4/15

風力発電モデル

空力モデル、運動方程式モデルから構成される以下に示すシミュレーションモデルを用いる



4WE83 風力発電 II 169 原田広樹 (愛知工業大学)

5/15

風力発電モデル：空力モデル（風車から取り出せるパワー）

風車から取り出せるパワーを P_T として、以下に表す式により算出する

$$P_T = \frac{1}{2} C_p \rho \pi R^2 u^3$$

ρ : 空気密度 R : 風車半径
 u : 風速 C_p : 出力係数

※出力係数 C_p は周速比に応じた値をとる必要がある

4WE83 風力発電 II 169 原田広樹 (愛知工業大学)

6/15

風力発電モデル：空力モデル(出力係数)

次式に示すピッチ角と周速比（風車翼の先端速度と流入風速の比）の関数で近似する

$$C_p(\lambda, \beta) = c_1 \left(\frac{c_2}{\lambda + c_3 \beta} - c_4 \beta^{c_5} - c_6 \right) \exp\left(-\frac{c_7}{\lambda}\right)$$

ここで、 $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_i + c_8 \beta}$
 $c_7 \sim c_9$: 定数

定数 $c_1 \sim c_9$ は下記表に記載の値を用いる

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9
0.73	151	0.58	0.002	2.14	13.2	18.4	+0.02	-0.03

出典 : J. G. Slootweg, H. Polinder and W. L. Kling, "Reduced order Modeling of Wind Turbines", chapter 25 of "Wind Power in Power Systems", John Wiley & Sons, 2005

4WE83 風力発電 II 169 原田広樹 (愛知工業大学)

7/15

風力発電モデル：運動方程式モデル

以下に示す単位法で表した風車の運動方程式により、回転数の変化を算出する

$$\frac{1}{\omega_{m0}} M \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_T - P_e$$

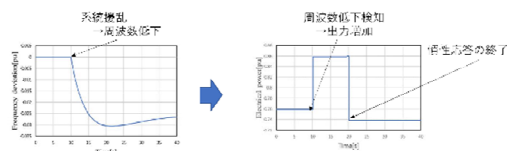
ω_{m0} : 風車角速度の基準値[rad/s] M : 風車・発電機等の単位慣性定数[s]
 δ_m : 機械角[rad] P_T : 空力パワー[pu] P_e : 電気パワー[pu]

4WE83 風力発電 II 169 原田広樹 (愛知工業大学)

8/15

Hydro-Quebecにおける風力発電の疑似慣性手法

系統擾乱時に風車からエネルギーを取り出す手法として、大きな周波数低下を検出した場合に風力発電出力を一時的に増加させる手法が提案されている



1148 : Mohamed Asem, Charles Fie, Langel, Neal, Automatic response from wind power plants during a frequency disturbance on the Hydro-Quebec system - event analysis and simulation, IEEE Power Grids (2018) Vol. 12 Iss. 5, pp. 512-522

4WE83 風力発電 II 169 原田広樹 (愛知工業大学)

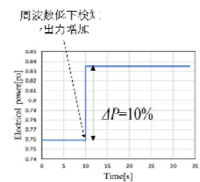
9/15

シミュレーションの流れ

時刻10sにおいて電力系統で擾乱が発生したとする

右図のように風力発電出力をステップ状に増加させる

風車から取り出せる最大のエネルギーについて分析する



4WE83 風力発電 II 169 原田広樹 (愛知工業大学)

10/15

シミュレーションに用いた各パラメータ一覧

諸元	値
発電機定格出力 P	900kW
ロータ半径 R	28.5m
最高回転数	28rpm
単位慣性定数 M	10s

※風速は10m/sで一定とした

4WE83 風力発電 II 169 原田広樹 (愛知工業大学)

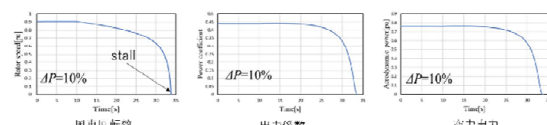
11/15

シミュレーション結果

・風車回転数、出力係数、空力出力の変化波形（出力増加幅10%時）

出力増加に伴い、風車回転数からエネルギーが放出

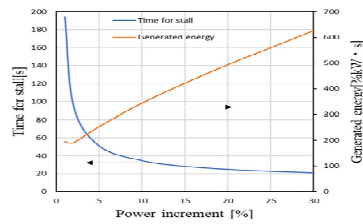
出力係数、空力出力が低下し、最終的に風車が失速



4WE83 風力発電 II 169 原田広樹 (愛知工業大学)

12/15

風車の失速時間と放出されたエネルギーの関係



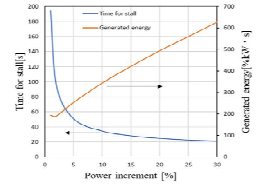
4WE82 風力発電 II 169 課長室 (愛知工業大学)

13/15

風車の失速時間と放出されたエネルギーの関係

出力増加幅5~10%の場合は、風車の失速まで数十秒程度である
それ以上出力を増加させると失速までの時間が急激に短くなる

5~10%かつ数十秒程度の出力増大は可能性があると考えられる



4WE82 風力発電 II 169 課長室 (愛知工業大学)

14/15

まとめと今後の課題

まとめ

- ・系統擾乱時に風車から取り出せる最大のエネルギーについての分析を行った
- ・出力増加幅が5~10%かつ数十秒程度は可能性があると考えられる

今後の課題

- ・風力発電の出力制御を織り込んだ電力システムでの周波数変化の解析
- ・出力制御後の回転数回復法の検討

4WE82 風力発電 II 169 課長室 (愛知工業大学)

15/15

(3) 主な使用機器

- ・固定資産登録品名：ノートパソコン、資産番号：42000841

4. 面電流磁気センサのベクトルの検出を用いた部分放電電磁波の伝搬方向推定に関する研究 および 5. 面電流磁気センサの感度特性向上のための新たな構造の検討

(1) 研究概要

電力機器内の異常に伴う現象の 1 つである部分放電(PD)の電磁波を、環境電磁工学(EMC)の分野で開発された面電流センサにより検出する方法を検討した。電界と磁界の両者を同時に測定する従来の面電流センサに対して磁界のみを検出する面電流磁気センサなる新型のセンサを提案する。面電流磁気センサは PD による高周波電磁波をベクトルの検出可能という特性があり、このセンサを用いることで伝搬方向のより詳細な検出が期待される。本研究では面電流磁気センサを用いた電磁波の伝搬方向推定、及び、面電流磁気センサの感度向上策を検討しており、研究成果は以下のとおりである。

- ①面電流磁気センサと電界センサを組み合わせることで、全方向からの部分放電電磁波の伝搬方向の推定が可能であることを明らかにした。
- ②面電流磁気センサの 1 ターンコイルに銅板を使用することで、感度が飛躍的に向上することを確かめた。

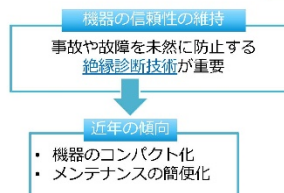
(2) 研究内容報告

面電流磁気センサのベクトルの検出を用いた部分放電電磁波の伝搬方向推定に関する研究

研究背景

社会全体の電気への依存度が高い

電力機器における信頼性が求められる



電力機器 (550 kV GIS) ※
※株式会社東芝、「送電電機センサ」東京横浜工場に案内、パンフレット、No.8010-9、p.9 (2005)

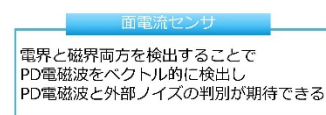
PD (部分放電) 電磁波を検出する外部センサ開発・実用化

1

研究背景

外部センサの課題：外部ノイズ

PD電磁波をベクトルの検出する面電流センサに注目



面電流センサ

電界と磁界のバランス調整が難しく、理想的な特性を得るのが困難

研究背景

電界と磁界のバランス調整が難しい

磁界のみを検出する面電流磁気センサを開発

面電流センサよりも鋭い指向性が期待できる



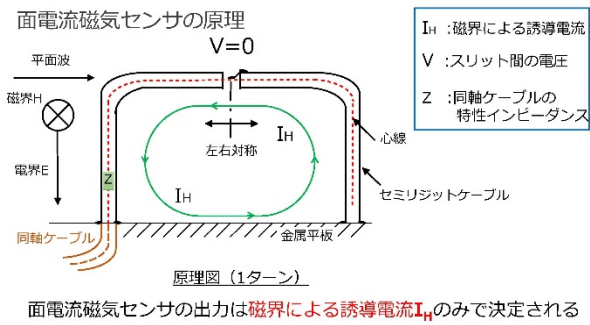
面電流磁気センサ

研究目的

面電流磁気センサの実用化に向けたPD電磁波の伝搬方向推定の検討

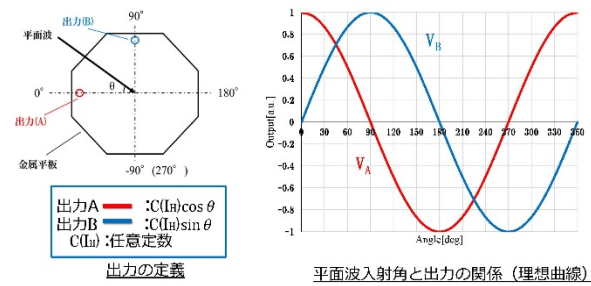
3

2



4

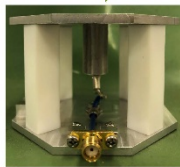
面電流磁気センサの原理



5

面電流磁気センサの原理

放電の極性を判別できない → 前後方向の推定を行うことはできない



電界センサ

対策：電界センサを併用し、極性の判別を行う

6

実験モデル

実験モデル1
：平面波源モデル



平面波源モデル



PD模擬パルス信号発生装置

実験モデル2
：実PD発生装置



GISモデル (245kV級GIS母線部)

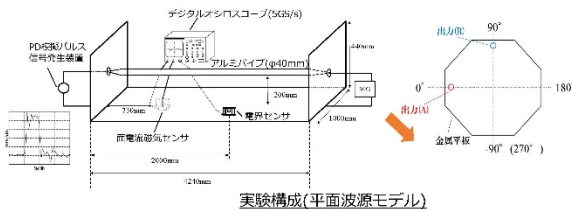


実PD発生装置

7

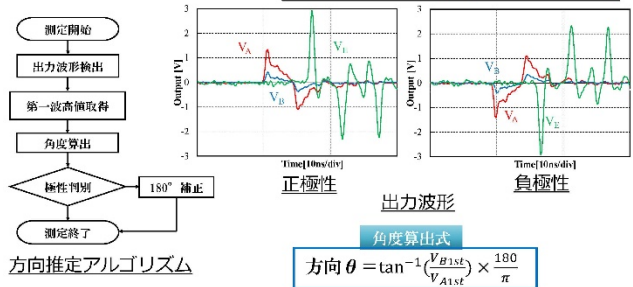
実験方法(実験モデル1：平面波源モデル)

アルミパイプに注入した平面波に対して真下にある面電流磁気センサを θ が0°のときを基準として0°~360°の範囲で15°の間隔でセンサを変化させて出力を測定し方向推定を行う。また、パルスの極性変えた時の比較を行った。



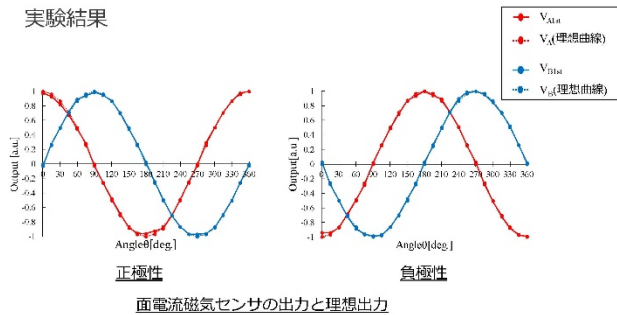
8

方向推定アルゴリズム



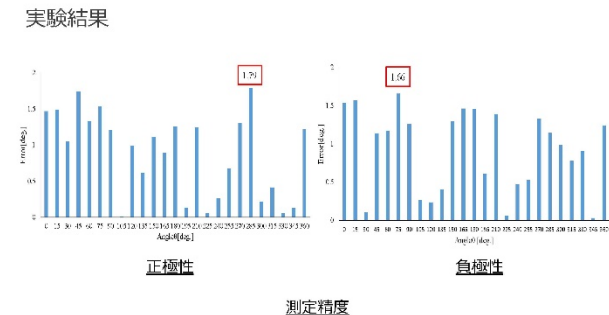
9

実験結果

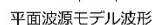
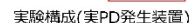
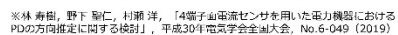


10

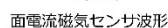
実験結果



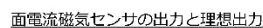
11



実PD発生装置波形



電界センサ波形



Angle[deg]
測定精度



面電流磁気センサの感度特性向上 のための新たな構造の検討

Study of a new structure to improve the sensitivity characteristics of
surface current magnetic sensor

目次

- 1.研究背景
- 2.研究目的
- 3.面電流磁気センサの特徴
- 4.箱型面電流磁気センサの性能評価
- 5.銅板型面電流磁気センサ特性の寸法依存性
- 6.磁界の鎖交空間の面積変化による
センサの特性変化
- 7.全体のまとめ

1.研究背景

近年では電力エネルギーの需要が増加しており、
電気機器の高い信頼性が必要

↓

電力機器の故障を未然に防ぐことが必要

↓

電力機器の中でもGISに着目

1.研究背景

GIS(ガス絶縁開閉装置)とは？

遮断器（スイッチ）や断路器を含む電力機器をガスで絶縁した
密閉容器に収めた装置
電気事故が拡大しないように大電流を遮断するために用いられる

- 利点
- ・従来の空気で絶縁された装置に比べて
接地面積が小さい
 - ・機器が密閉されているので外的影響を
受けない

- 欠点
- ・頻繁に機器の診断や取り付けが
出来ない



ガス絶縁開閉装置(GIS)

1.研究背景

GISの故障メカニズム



2.研究目的

従来の研究では電力機器の部分放電電磁波の
検出方法として面電流磁気センサを開発し、
その基本特性を調査

↓

今回の研究では面電流磁気センサの実用化を目的として、
センサの感度特性を向上させる手法について検討

3.面電流磁気センサの特徴

- ・ GISタンクの様々な位置に設置が可能である
- ・ 電磁波をベクトルの的に検出可能

↓

部分放電による漏洩電磁波と、
外部ノイズの判別が期待できる

↓

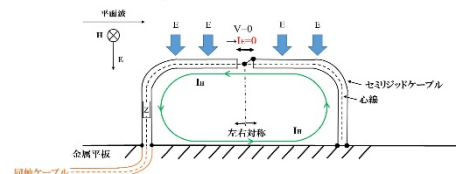
高いS/N比での検出が期待できる



面電流磁気センサ

3.面電流磁気センサの特徴

面電流磁気センサの原理

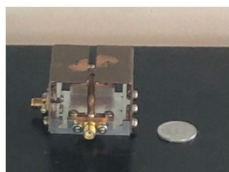


面電流磁気センサの基本原理

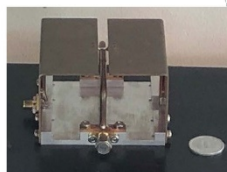
面電流磁気センサの出力は磁界による誘導電流 I_s のみで決定される

4.銅板型面電流磁気センサの性能評価

作成したセンサ



箱型面電流磁気センサ小

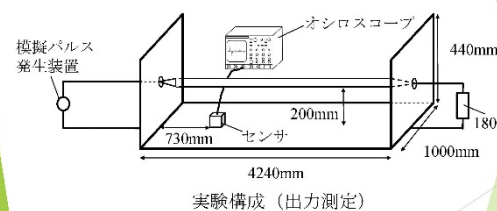


箱型面電流磁気センサ大

9

4.銅板型面電流磁気センサの性能評価

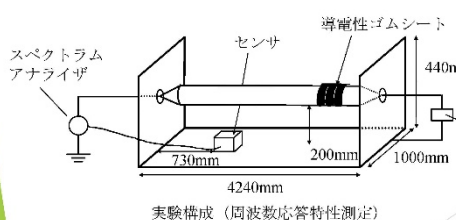
実験方法



10

4.銅板型面電流磁気センサの性能評価

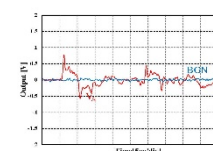
実験方法



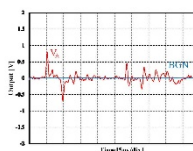
11

4.銅板型面電流磁気センサの性能評価

実験結果（出力特性）



面電流磁気センサ

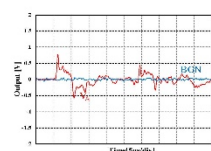


銅板型面電流磁気センサ小

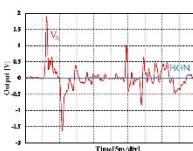
12

4.銅板型面電流磁気センサの性能評価

実験結果（出力特性）



面電流磁気センサ

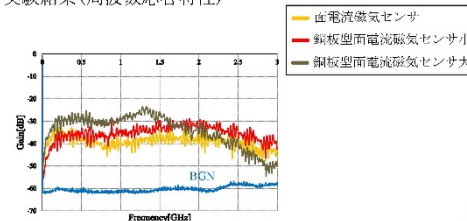


銅板型面電流磁気センサ大

13

4.銅板型面電流磁気センサの性能評価

実験結果（周波数応答特性）



周波数応答特性

14

4.銅板型面電流磁気センサの性能評価

まとめ

- 銅板型面電流磁気センサにすることで、センサ大小のどちらも従来の面電流磁気センサより出力の増加が見られた
- 銅板型面電流磁気センサの大小によってセンサの持つ周波数応答特性に違いが見られたが、どちらの場合も従来の面電流磁気センサより良くなった

15

5.銅板型面電流磁気センサ特性の寸法依存性

作成したセンサ

銅板型面電流磁気センサのセミリジッドケーブルに対して垂直方向の幅（横幅）を変化させた場合の出力特性や周波数応答特性を測定する



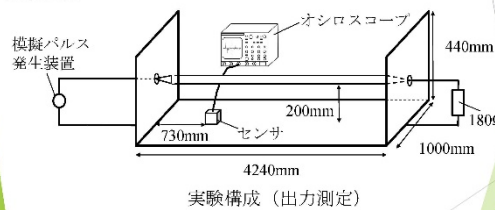
センサ写真

横幅 26mm 46mm 68mm 88mm

16

5.銅板型面電流磁気センサ特性の寸法依存性

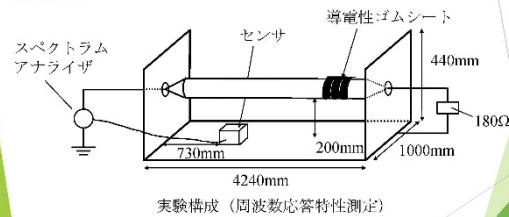
実験方法



17

5.銅板型面電流磁気センサ特性の寸法依存性

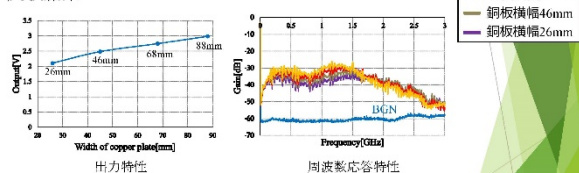
実験方法



18

5.銅板型面電流磁気センサ特性の寸法依存性

実験結果



19

5.銅板型面電流磁気センサ特性の寸法依存性

作成したセンサ

銅板型面電流磁気センサのセミリジットケーブルに対して平行方向の幅(縦幅)を変化させた場合の出力特性や周波数応答特性を測定する



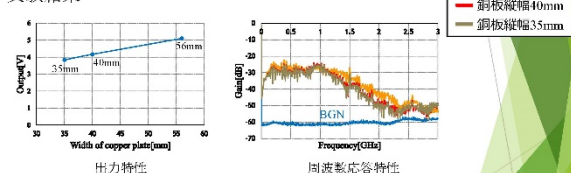
センサ写真

縦幅 35mm 40mm 56mm

20

5.銅板型面電流磁気センサ特性の寸法依存性

実験結果



21

5.銅板型面電流磁気センサ特性の寸法依存性

まとめ

- 銅板型面電流磁気センサの銅板の面積を増加させることでセンサの出力特性が比例的に増加していく
- 周波数応答特性は銅板の面積を変化させることでは変化が見られず、他の要因を探す必要がある

22

6.磁界の鎖交空間の面積変化によるセンサの特性変化

作成したセンサ

磁界の鎖交空間の面積が異なる3種類の銅板型面電流磁気センサを使用して、それぞれの周波数応答特性を測定する



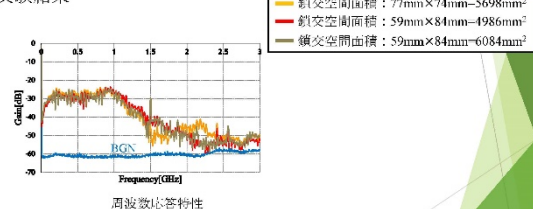
センサ写真

縦	横	面積
77mm	74mm	5698mm ²
59mm	84mm	4986mm ²
52mm	117mm	6084mm ²

23

6.磁界の鎖交空間の面積変化によるセンサの特性変化

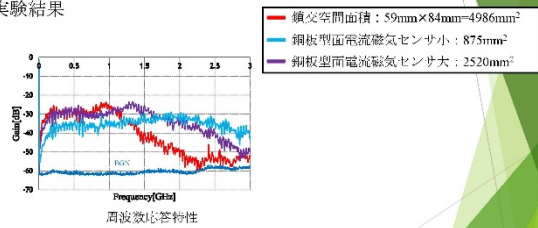
実験結果



24

6.磁界の鎖交空間の面積変化による センサの特性変化

実験結果



25

7.全体のまとめ

- 銅板型面電流磁気センサの銅板の面積を増加させることでセンサの出力特性が比例的に増加していくことが分かった
- 銅板型面電流磁気センサの磁界の鎖交空間の面積が増加すると減少に転じる周波数が低くなり、また急激に減少するようになった
- 今回作成したセンサの中では銅板型面電流磁気センサ小が出力特性と周波数応答特性のバランスが取れたセンサになっている

26

6. 電力システムにおける再生可能エネルギーの有効・安全利用に関する研究

(1) 研究概要

近年、脱炭素社会へ向け、再生可能エネルギーの利用が拡大している。そこで、本研究では、太陽光発電（PV）装置の有効利用のために、配電系統に導入可能な PV 装置の最大容量に関する研究を行っている。また、電気エネルギーの安全利用のために、万一の系統故障に対応できる新しい電流遮断技術の開発として、交流側では SF6 消弧ガスの代替消弧ガスの探索を実施した。さらに、PV 装置は直流で発電しているので、直流を安全に利用するために、遮断技術の向上を目指した研究を行った。

大容量 PV 装置が配電系統に導入された場合についての研究内容および成果は次の通りである。

末端に PV 装置が連系した系統の線路途中に PV 装置もしくは抵抗負荷が連系した場合を想定し、線路途中に連系した PV 装置若しくは抵抗負荷の連系位置によって、系統安定及び配変に流れ込む有効電力にどのような影響を与えるのかについても検討した。

(a) 線路途中に PV 装置が連系した場合

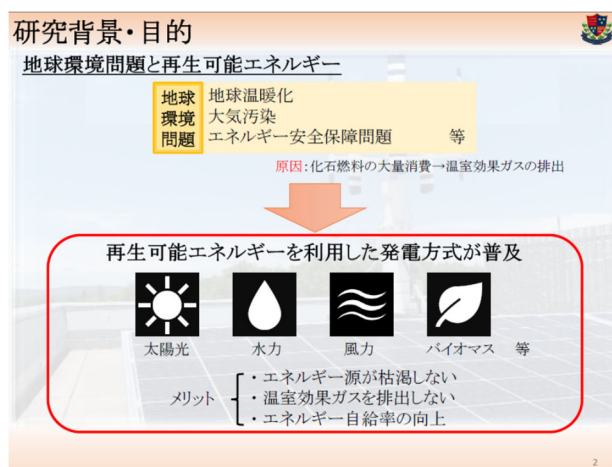
PV 装置が連系した場合、その連系位置が配変に比較的近い位置で、線路末端 PCS の安定限界が最も高くなり、配変に流入する電力も高いことを確認した。

(b) 線路途中に抵抗負荷が連系した場合

抵抗負荷を連系した場合、(a) の結果とは対照的に、配変に近いところに連系されると末端 PCS の安定限界が最も低くなり、線路末端に近いほど末端 PCS の安定限界は高くなることを確認した。さらに配変に流入する電力も同様に高くなることが分かった。

以上のことから、配電系統の線路途中に PV 装置を連系する場合は配変に近い位置に連系し、抵抗負荷を連系する場合は線路末端に近い位置に連系すると、系統の安定及び電力の有効利用に繋がることを明らかにした。

(2) 研究内容報告



研究背景・目的

太陽光発電の普及と課題

太陽光発電

- ・設置の容易さ
- ・メンテナンスの容易さ
- ・固定価格買取制度(FIT)の導入

→ 今後も太陽光発電の導入は増加すると考えられる



系統に太陽光発電装置が大量に導入

3つの課題への対策が求められている



3

研究背景・目的

太陽光発電装置の大量導入による課題

1. 配電系統の電圧不安定現象

出力電流を増加させていくと、電流が小さい場合→電圧が上昇
さらに電流を増加させる場合→電圧が不安定となる領域が存在

2. 余剰電力の発生

発電量が電力需要を上回る→余剰電力が発生

3. 電力系統の周波数変動

太陽光発電の出力が変動→周波数が変動



4

研究背景・目的

太陽光発電装置の大量導入による課題

1. 配電系統の電圧不安定現象



5

研究背景・目的

大容量太陽光発電装置(PV装置)が導入された配電系統において、PV装置の許容最大電力を明らかにし、その有効利用に関して調査した

1. PV装置1台のみ末端に導入した場合

回路論的考察
PV装置の許容最大電力・・・先行研究で解明済み
配電用変電所への流入電力を検討

2. PV装置2台(線路途中に1台、末端に1台)が導入された場合

実験およびシミュレーションによる検討
PV装置の許容最大電力
配電用変電所への流入電力を検討

3. PV装置1台が末端に導入され、線路途中に負荷が連系された場合

実験およびシミュレーションによる検討
PV装置の許容最大電力
配電用変電所への流入電力を検討



6

研究背景・目的

大容量太陽光発電装置(PV装置)が導入された配電系統において、PV装置の許容最大電力を明らかにし、その有効利用に関して調査した

1. PV装置1台のみ末端に導入した場合

回路論的考察
PV装置の許容最大電力・・・先行研究で解明済み
配電用変電所への流入電力を検討

2. PV装置2台(線路途中に1台、末端に1台)が導入された場合

実験およびシミュレーションによる検討
PV装置の許容最大電力
配電用変電所への流入電力を検討

3. PV装置1台が末端に導入され、線路途中に負荷が連系された場合

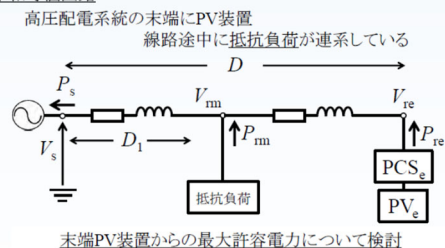
実験およびシミュレーションによる検討
PV装置の許容最大電力
配電用変電所への流入電力を検討



7

検討方法(想定した単相等価回路)

想定した単相等価回路



実験

シミュレーション

MATLAB/Simulink



8

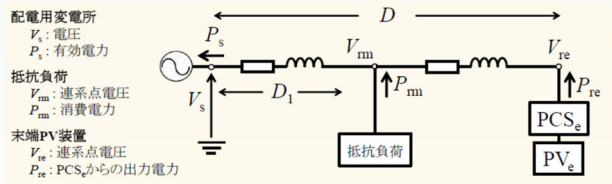
想定した単相等価回路

—実験およびシミュレーション共通条件—



想定した単相等価回路

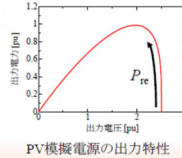
高圧配電システムの末端にPV装置
線路途中に抵抗負荷が連系している



実験系統

100V-1000W
5.5+j10.5 Ω
→0.55+j1.05 pu

抵抗負荷	
定格消費電力	0.14 pu, 0.48 pu, 0.63 pu
連系位置 D_1	0, $D/10$, $2D/10$, $3D/10$, $4D/10$, $5D/10$, $6D/10$, $7D/10$, $8D/10$, $9D/10$, D 計11通り



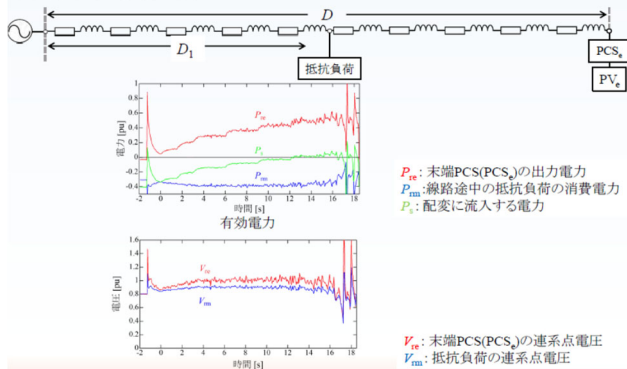
PV模擬電源の出力特性

9

実験結果(抵抗負荷:0.48 pu, $D_1/D = 5/10$)



線路中央に抵抗負荷が連系



P_{re} : 末端PCS(PCS_e)の出力電力
 P_m : 線路途中の抵抗負荷の消費電力
 P_i : 配変に流入する電力

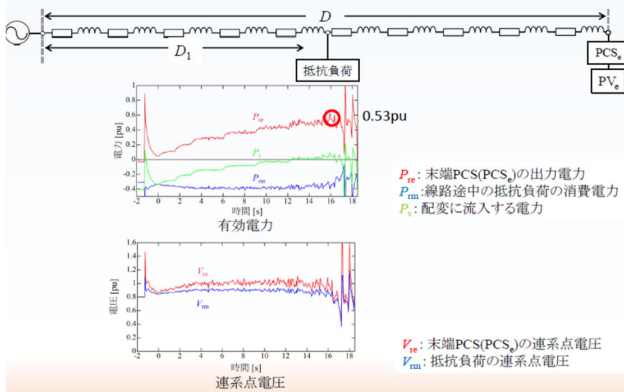
V_{re} : 末端PCS(PCS_e)の連系点電圧
 V_m : 抵抗負荷の連系点電圧

10

実験結果(抵抗負荷:0.48 pu, $D_1/D = 5/10$)



線路中央に抵抗負荷が連系



0.53pu

P_{re} : 末端PCS(PCS_e)の出力電力
 P_m : 線路途中の抵抗負荷の消費電力
 P_i : 配変に流入する電力

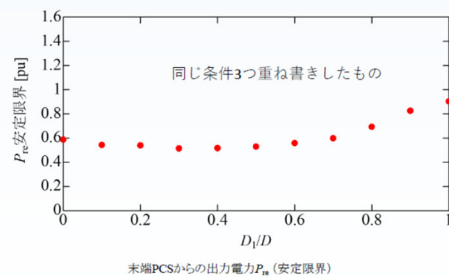
V_{re} : 末端PCS(PCS_e)の連系点電圧
 V_m : 抵抗負荷の連系点電圧

11

線路末端に連系したPCSからの最大許容電力



(一例:抵抗負荷 定格消費電力 0.48 p)



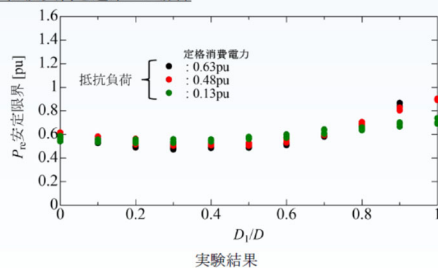
末端PCSからの出力電力 P_{re} (安定限界)

12

線路末端に連系したPCSからの最大許容電力



線路途中に抵抗負荷を連系した場合



実験結果

線路途中に抵抗負荷が連系した場合

その連系位置が...

- (1) 配変に近い $\rightarrow P_{re}$ 安定限界が最も低くなる
- (2) 線路末端に近い $\rightarrow P_{re}$ 安定限界は高くなる

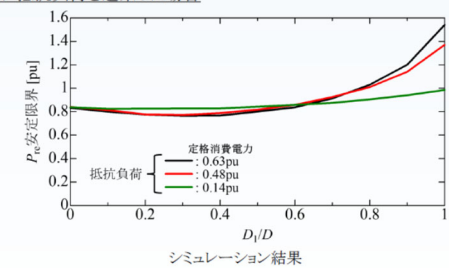
0.3 D_1/D 付近で極小値 ($3D/10$)

13

線路末端に連系したPCSからの最大許容電力



線路途中に抵抗負荷を連系した場合



シミュレーション結果

線路途中に抵抗負荷が連系した場合

その連系位置が...

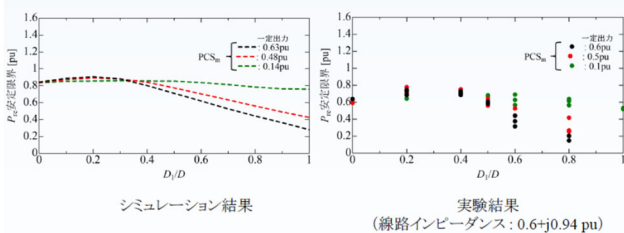
- (1) 配変に近い $\rightarrow P_{re}$ 安定限界が最も低くなる
- (2) 線路末端に近い $\rightarrow P_{re}$ 安定限界は高くなる

0.3 D_1/D 付近で極小値 ($3D/10$)

14

線路末端に連系したPCSからの最大許容電力

線路途中にPCSを連系した場合



線路途中にPCSを連系した場合

その連系位置が...

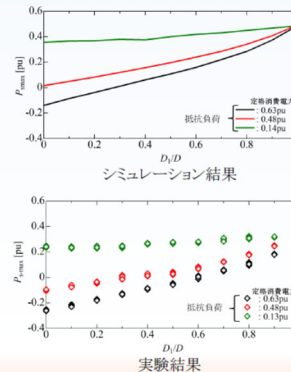
- (1) 配変に近い $\rightarrow P_{te}$ 安定限界が最も低くなる
- (2) 線路末端に近い $\rightarrow P_{te}$ 安定限界は高くなる

} $0.2D_l/D$ 付近で極大値
(3D/10)

15

配電用変電所に流入する最大電力 P_{smax}

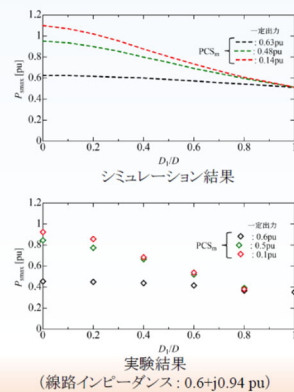
線路途中に抵抗負荷を連系した場合



16

配電用変電所に流入する最大電力 P_{smax}

線路途中にPCSを連系した場合



17

まとめ

課題

系統へ太陽光発電装置の大量導入 $\rightarrow$ 配電系統の電圧不安定現象

大容量太陽光発電装置 (PV装置) が導入された配電系統において、PV装置の許容最大電力を明らかにし、その有効利用に関して調査した

PV装置1台が末端に導入され、線路途中に負荷が連系された場合

実験およびシミュレーションによる検討

- ・PV装置の許容最大電力
- ・配電用変電所への流入電力を検討

結果

線路途中にPV装置が連系

配変に近い位置 $\rightarrow$ 線路末端PCSの安定限界は最も高い
配変に流入する電力も高い

線路途中に抵抗負荷が連系

線路末端に近い位置 $\rightarrow$ 線路末端PCSの安定限界は最も高い
配変に流入する電力も高い

ご清聴ありがとうございました

18

7. 冬季日本海沿岸地域における風力発電所避雷塔の雷保護効果と落雷状況に関する研究

(1) 研究概要

温室効果ガスを排出せず、国内で生産できる再生可能エネルギーは、エネルギー安全保障にも寄与できる重要な低炭素エネルギーである。なかでも風力発電は特に注目を集めており、2020年における日本の風力発電施設の新規導入量は約516MWと過去最高の導入量となっている。また風力発電所を設置するためのコスト低下や、洋上風力発電という新しい技術の登場により、今後もさらに市場が拡大していくと予想されている。一方、自然要因による風力発電設備の故障原因においては、落雷が最も多くの割合を占めている。特に冬季の日本海側で発生する冬季雷は、夏季の太平洋側で発生する落雷よりも数100倍の電気量を持つものもあり、問題視されている。冬季雷が発生する日本海側の、2020年度末の地域別風力発電導入量は1.57GWであり、全体の35.4%を占めている。そのため、冬季雷対策は風力発電を推進する上で大きな課題となっている。

上記より、発電の低炭素化により注目が集まる風力発電の更なる発電の安定化と落雷による被害防止は共に考えていくべき問題であり、落雷の予測と雷被害対策は同時に進めていくべきと考える。このことから、本研究では風力発電を対象とした雷観測から得られた冬季の落雷様相と、冬季雷が多発する日本海沿岸地域の落雷状況の調査研究を行い、その結果について示すことを目的としている。

そして、本調査研究より、落雷観測数の検討では、避雷塔は風車に発生する落雷を軽減していることが判明した。雷電流の検討では、避雷塔は風車よりも高い最大電流値を持つ落雷が多く観測された。落雷観測時の気温の検討では、1℃未満の気温下では、避雷塔よりも風車への落雷数が多かった。落雷観測時の風向の検討では、地上の風向割合は、避雷塔、風車共にほぼ等しい割合であったが、高層での風向割合は、風車の西方向の風向割合が避雷塔と比較して少なかった。これは、西方向からの落雷を北西方向の避雷塔が引きつけたためだと考える。以上の検討により、避雷塔の避雷効果は常に一定ではなく、環境の条件が変化することにより避雷効果も変化すると考えられた。

避雷塔の避雷効果が増減する条件を確認することはできたが、なぜその条件下で避雷効果が変わるのかまでは明らかにできなかった。また、落雷時期の遷移は確認できたが、なぜ落雷時期が変化しているのかも現時点では不明のままである。今後、これらの解明課題の一つと考える。

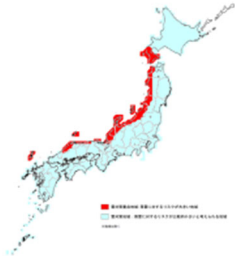
(2) 研究内容報告




冬季日本海沿岸地域における 風力発電所避雷塔の雷保護効果と 落雷状況に関する研究

1

1.はじめに



風力発電所は、冬の風況が良い日本海側に多く設置されている。
一方、日本海沿岸は**冬季雷**の多発地域でもある。
そのため、日本海沿岸部の風車には**冬季雷への対策が必要**となる。

落雷による被害を軽減する対策として**避雷塔**がある。
その避雷塔の雷保護効果を検討することで、**落雷被害を軽減する対策を立てることができると考える**。

日本の落雷リスクマップ
(出典：日本型風力発電ガイドライン)

本報告は、石川県U風力発電所や新潟県J風力発電施設の観測結果を用いた、避雷塔の雷保護効果の調査結果を示す。

2

2.落雷観測体制

・雷観測地点



本研究は

- ・U風力発電所 (2004年度～2020年度)
- ・J風力発電施設1号機、3号機 (2011年度～2020年度)

の落雷観測結果を用いている。

3

2.落雷観測体制

・U風力発電所

石川県金沢市の近郊の海岸沿いに設置





風車と避雷塔

高さ100.25m 高さ104.99m

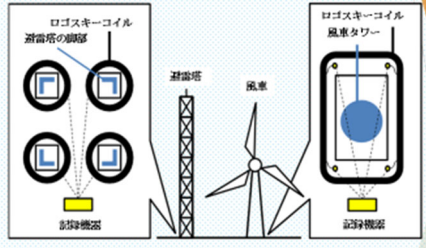
距離45.5m

定格出力:1500kw
標高:41.2m
風車の最高到達高さ:100.25m
避雷塔の高さ:104.99m

4

2.落雷観測体制

・落雷電流観測の体制



風車での最大測定電流値 : ± 50 [kA]
 避雷塔での最大測定電流値 : ± 100 [kA]
 記録時間 : 350 [ms]

5

2.落雷観測体制

・新潟県上越市J風力発電施設の位置関係



J風力発電1号機は沿岸部に
J風力発電2・3号機は丘陵地に設置されている。

6

2. 落雷観測体制

・ J風力発電施設1号機

新潟県上越市 直江津みなと風車公園内

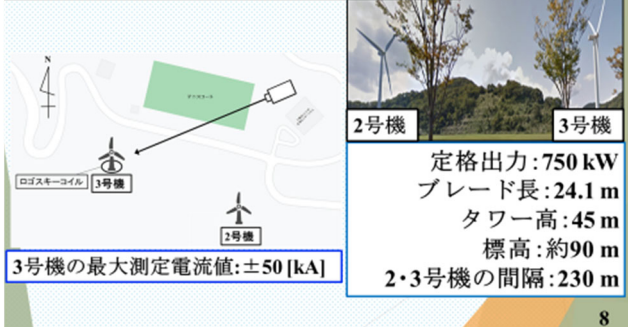


7

2. 落雷観測体制

・ J風力発電施設3号機

新潟県上越市 三ノ輪台いこいの広場内



8

3. 内灘風力発電所における避雷塔の雷保護効果

本研究では

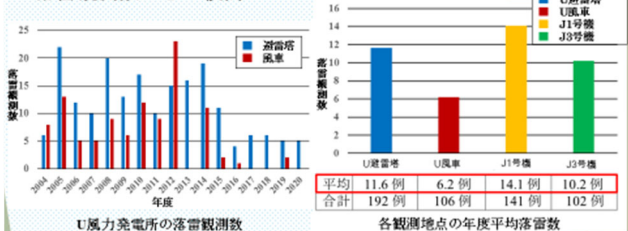
- ・ 落雷観測数からの検討
- ・ 最大電流値からの検討
- ・ 雷観測時の気温からの検討
- ・ 雷観測時の風向割合からの検討

を実施した。

9

3. U風力発電所における避雷塔の雷保護効果

・ 落雷観測数からの検討

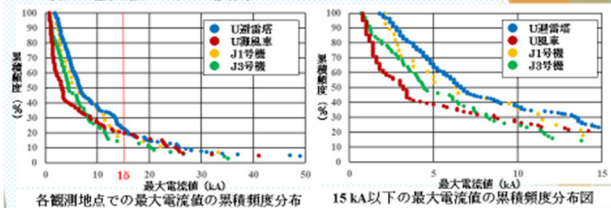


- ・ 左図にU風力発電所の年度別落雷数を示す。ほとんどの年で、**避雷塔に多くの落雷を観測した**。
- ・ 右図にJ風力発電施設との比較図を示す。U風力発電所風車の落雷数は他と比較して少ないが、これは**避雷塔の雷保護効果による結果**だと考える。

10

3. U風力発電所における避雷塔の雷保護効果

・ 最大電流値からの検討

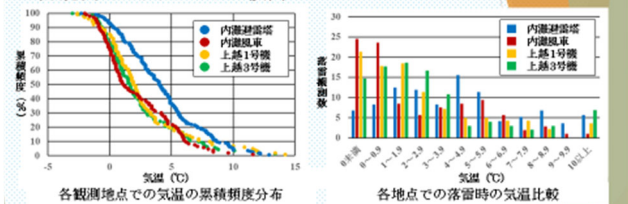


- ・ 左図に各観測地点の最大電流値累積頻度分布図を示す。**15 kAの右側では、各観測地点の差が少なくな**に見える。**15 kAの左側では、各観測地点の差があるように見える**。
- ・ 右図に15 kA以下の落雷に着目した累積頻度分布図を示す。**15 kA以下の落雷では、避雷塔は大きな最大電流値を持つ落雷に対して見かけ上雷保護効果が大きくなる**。

11

3. 内灘風力発電所における避雷塔の雷保護効果

・ 雷観測時の気温からの検討

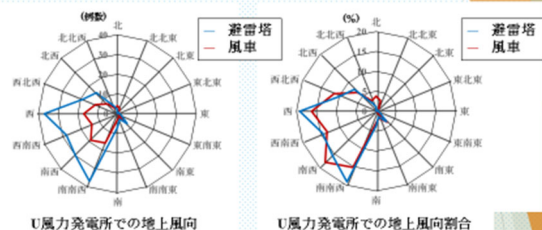


- ・ 左図に雷観測時の気温の累積頻度分布図を示す。風車の頻度分布はどの地点もほとんど同じに見える。**避雷塔の頻度分布は各風車と大きく差がある**。
- ・ 右図に気温1℃毎の雷観測数を示す。気温が低下すると風車への落雷が増加している。つまり、**避雷塔は気温が低いと、雷保護効果が見かけ上低下する**。

12

3.U風力発電所における避雷塔の雷保護効果

- ・雷観測時の風向割合からの検討

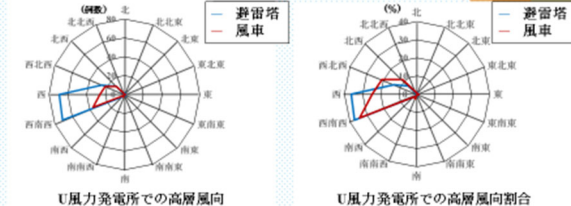


- ・U風力発電所の風向割合を示す。
避雷塔と風車の割合はほとんど等しい。
避雷塔の保護効果は、地上の風向によらないと考える。

13

3.U風力発電所における避雷塔の雷保護効果

- ・雷観測時の高層風向の割合からの検討

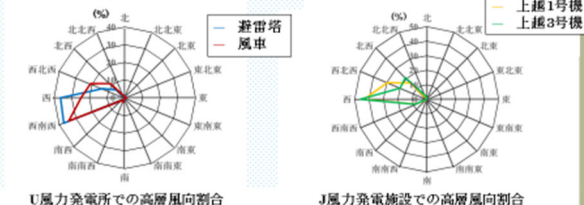


- ・U風力発電所の高層風向の観測数とその割合を示す。
風車への落雷時は、避雷塔よりも西方向が少なかった。
これは、避雷塔が風車の北西方向にあることが影響していると考え。

14

3.U風力発電所における避雷塔の雷保護効果

- ・雷観測時の高層風向の割合からの検討



- ・左図に、U風力発電所の高層風向の割合を示す。
風車と避雷塔はいずれも西方向に近い風向が少なかった。
- ・右図にJ風力発電施設の高層風向の割合を示す。
J風車への落雷時も西方向が多く、U風力発電所の
避雷塔は北西方向ではなく、西方向に設置すべきであったと考える。

16

4.まとめ

- ・本報告では、U風力発電所とJ風力発電施設での観測結果を用いて、U風力発電所にある避雷塔の雷保護効果を検討した。
- ・検討結果から、避雷塔を用いる雷保護は効果があるといえる。
その効果は、避雷塔と風車の立地状況や落雷時の気象環境に大きく関係していると考えられる。
- ・今後も、避雷塔の雷保護効果についてさらに詳しく検討していく必要がある。

15

(3) 主な使用機器

- ・固定資産登録品名：パーソナルコンピュータ（本体），資産番号：41500441

8. マイクロシステムの省エネルギーに関する研究

(1) 研究概要

本研究の最終目標は、省エネルギーに資する電力システム、特に小型機械（マイクロシステム）のための電源システムを明らかにすることである。今日では、様々な機器・装置が電力によって駆動され、電力なしでは社会生活は成り立たない。電力は需要と供給のバランスが重要であるが、発電設備により発生した電力は、送電・消費の際に損失が発生する。その損失を低減することは、限りある電力を有効に活用するために重要な課題である。

電力の送電には一般的な 50Hz/60Hz の交流による送電の他に直流送電がある。それらの優劣については様々な議論があるが、それらの中間の 5Hz から 12Hz 程度の周波数を利用する低周波送電にも一定の優位性があることをこれまでに示してきた。低周波送電は送電時の電力損失を低減することができる。ミニモデル実験により低周波送電の有効性を示し、理論値との差異をシミュレーションによって明らかにすることを目的とする。

近年の電気機器は、コンピュータ等の直流電力で駆動されるものが多い。その直流電圧を昇圧・降圧して使用機器に適した電圧に変換する変換器において損失が生じる。損失は主に半導体素子のスイッチングにより生じるが、ソフトスイッチング技術を用いることにより低減できる。そこで、ソフトスイッチングの実現が容易な LLC コンバータを用いた低損失変換器のシミュレーションと実験を行い、製作した LLC コンバータの性能評価を目的とする。LLC コンバータはスイッチング周波数を変更することにより出力電圧を制御するため、トランスの特性を事前に明らかにしなければならない。

小形の装置には、小型であることにふさわしい電力の供給方法が存在すると考えられる。特に小型移動ロボットへの電力供給は、非接触であることが期待される。しかし、小型移動ロボットを駆動するアクチュエータが誘導性負荷・容量性負荷の混在であるため、効率的な電力供給ができなかった。そこで、シミュレーションと実験により、Automatic Tuning Assist Circuit (ATAC)方式を用いた磁界共振型非接触電力伝送の回路設計を目的とする。ATAC 方式を用いた磁界共振非接触電力供給は力率を高くすることが可能であり、高い効率の電力供給が期待できる。

これらの要素技術は、それぞれに成果を得ることができた。一方、要素技術単体での効果は小さく、各要素技術を有機的に連携し、多数の電力変換機器が集合した場合の消費電力がどのようなのか、また、瞬時電力にどのような影響があるのかについて、今後、取り組む予定である。

(2) 研究内容報告

低周波長距離送電の
ミニモデル実験

研究背景

脱炭素社会に向けて再生可能エネルギーが注目されている。



日本の排他的経済水域は広大であり、ここで得られるエネルギーを効率よく電力消費地へ送電するシステムが注目されている。

送電について

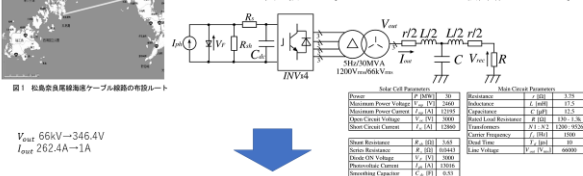
- ・直流送電
CVケーブルに直流電圧を印加すると絶縁破壊を引き起こすため、油を循環させるケーブルを使用する必要があり、維持費がかかる
- ・交流送電
安価なCVケーブルによる送電が可能
一般的な周波数で送電すると、ケーブルのリアクタンスによる電圧降下が生じ、長距離送電には向かない。



リアクタンスの小さな低周波多重三相
インバータによる送電

CVケーブルの等価回路について

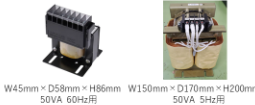
五島列島の商用周波数での実測海底CVケーブル定数（全長53km）から、配線抵抗分は $75\text{m}\Omega/\text{km}$ 、インダクタンス $350\text{ }\mu\text{H}/\text{km}$ 、静電容量 $0.25\text{ }\mu\text{F}/\text{km}$ とし、50 kmのケーブル長と仮定する。50km送電ケーブルの等価回路はT型とした。



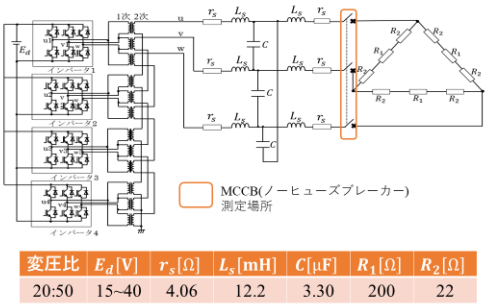
ミニモデル実験では、%インピーダンス法を用いて
スケーリングを行って実験した。

低周波数用変圧器について

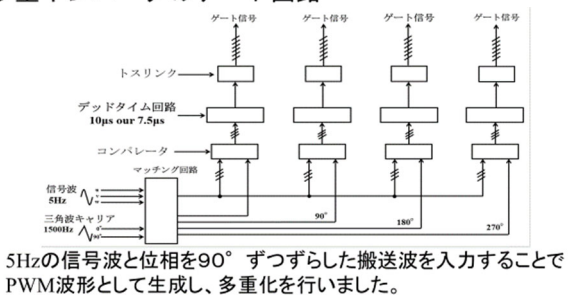
- 低周波化による欠点
- (1)低周波数用変圧器の巻き線数が増大する
 - (2)低周波数用鉄心の断面積が大きくなる
- 低周波化による利点
- (1)直流送電に用いる直流リアクトルやサイリスタ変換器が発生する高調波除去用フィルタが不要
 - (2)サイリスタ変換器の位相角変化による力率改善用調相設備や純水冷却装置を必要としない、
 - (3)安価なCVケーブルを用いることが可能である。
- したがって、低周波用変圧器が大型化してコストが増大する問題点は相殺できると考えている。



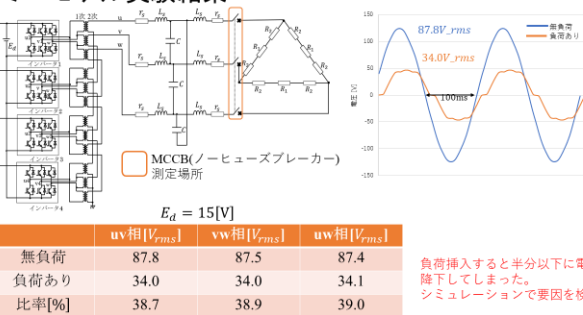
ミニモデル



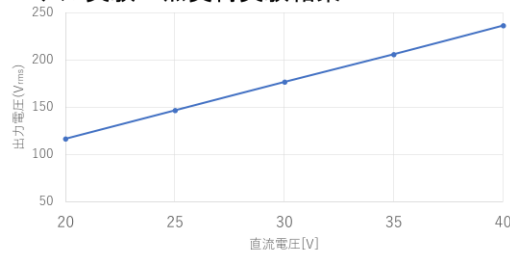
多重インバータのゲート回路



ミニモデル実験結果



ミニモデル実験－無負荷実験結果－



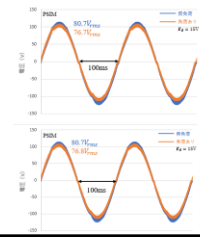
無負荷時は直流電圧に対して出力電圧は比例する

ミニモデル実験－デッドタイム電圧降下の検証

$E_d = 15[V]$ の各値の変化(デッドタイム10 μ s)

	uv相[V _{rms}]	vw相[V _{rms}]	uw相[V _{rms}]
実測値 (無負荷)	87.8	87.5	87.4
実測値 (負荷あり)	34.0	34.0	34.1
PSIM (無負荷)	80.7	80.7	80.7
PSIM (負荷あり)	76.7	76.7	76.7
PSIM比率[%]	95.0	95.0	95.0

解析条件：シミュレーション(PSIM)は
・理想変圧器の使用
・理想素子の使用



$E_d = 15[V]$ の各値の変化(デッドタイム7.5 μ s)

	uv相[V _{rms}]	vw相[V _{rms}]	uw相[V _{rms}]
実測値 (無負荷)	87.6	87.6	87.0
実測値 (負荷あり)	35.4	35.3	35.1
PSIM (無負荷)	80.7	80.7	80.7
PSIM (負荷あり)	76.8	76.8	76.8
PSIM比率[%]	95.1	95.1	95.1

・デッドタイム(10 μ s)での電圧降下は5%程度であった
・デッドタイムの時間を2.5 μ s短くしても変化はなかった

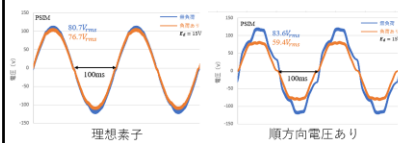
ミニモデル実験

電圧降下の原因はデッドタイム、変圧器の内部インピーダンスと、IGBTの順方向電圧が考えられる。
ミニモデルとPSIMを比較すると10V以上の誤差があった。



PSIMを用いて、変圧器の励磁コンダクタンスと励磁セパタンス、IGBTの飽和電圧、閾値電圧を設定し検証

シミュレーション－素子の電圧降下



解析条件
・理想変圧器の使用
・デッドタイム10 μ sあり
・スイッチング素子が理想

・理想変圧器の使用
・デッドタイム10 μ sあり
・IGBT飽和電圧1.7[V]、横流ダイオード閾値電圧1.5[V]に設定

負荷あり時の歪みが似てきた

$E_d = 15[V]$ の各値の変化(デッドタイム10 μ s)

	uv相[V _{rms}]	vw相[V _{rms}]	uw相[V _{rms}]
実測値 (無負荷)	87.6	87.6	87.0
実測値 (負荷あり)	35.4	35.3	35.1
PSIM (無負荷)	83.6	83.6	83.6
PSIM (負荷あり)	59.4	59.4	59.4
PSIM比率[%]	71.0	71.0	71.0

デッドタイムによる電圧降下と素子による電圧降下を合わせた電圧降下率は29%

シミュレーション(PSIM)



解析条件

・理想変圧器の使用
・デッドタイム10 μ sあり
・スイッチング素子が理想

・変圧器の巻線抵抗、漏れインダクタンス、励磁セパタンス、励磁コンダクタンスを考慮
・デッドタイム10 μ sあり
・IGBTの飽和電圧1.7[V]、閾値電圧1.5[V]に設定

入力後 $E_d = 15[V]$ の各値の変化(デッドタイム10 μ s)

	uv相[V _{rms}]	vw相[V _{rms}]	uw相[V _{rms}]
実測値 (無負荷)	87.8	87.5	87.4
実測値 (負荷あり)	34.0	34.0	34.1
PSIM (無負荷)	85.0	85.0	85.0
PSIM (負荷あり)	37.8	37.8	37.8
PSIM比率[%]	44.4	44.4	44.4

デッドタイムによる電圧降下と素子による電圧降下、変圧器の電圧降下を組み合わせた電圧降下率は56%。ミニモデル実験とよく似た結果となった。

まとめ

ミニモデル実験を行った。ミニモデル実験において負荷Rを挿入すると挿入前と挿入後では、15V時、87.8[V_{rms}]から34.0[V_{rms}]となり、電圧が大幅に減少してしまい適切な動作を確認することができなかった。

電圧降下の大きさは、変圧器の内部インピーダンス電圧降下>IGBT素子電圧降下>デッドタイム電圧降下の順であった。

実機では直流電圧とIGBT電圧降下の比率が低く、変圧器の巻線抵抗や漏れインダクタンスも低くなると考えられ、十分実用的な方法になると考えられる。

LLCコンバータに用いる 高周波変圧器の 二次漏れインダクタンスの周波数特性

研究背景と目的

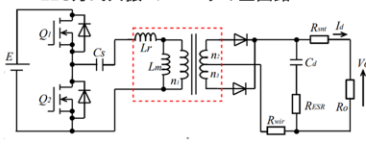
駆動周波数が変化すると高周波変圧器の漏れと励磁インダクタンスが変化する。

↓
それに伴って出力電圧も変化

LLCコンバータに用いる変圧器の二次側漏れインダクタンスを考慮した、励磁・漏れインダクタンス L'_1 , L_m の周波数特性を明らかにし出力電圧の変化を比較する。

主回路の構成

LLC方式共振コンバータの主回路

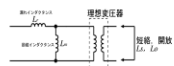


入力電圧 E	390V
共振用コンデンサ C_s	0.027μF
漏れインダクタンス L_s	80.5μH
励磁インダクタンス L_m	306.5μH
巻数比 $n_1:n_2$	30:5
平滑コンデンサ C_L	990μF
等価直流抵抗 R_{eq}	12mΩ
シャント抵抗 R_{snt}	12mΩ
配線抵抗 R_{wir}	12mΩ

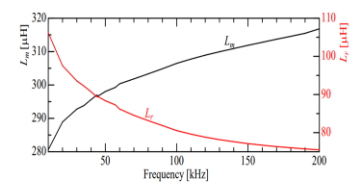
二つのリアクトル L_s と L_m およびコンデンサ C_s で共振回路を構成

変圧器の周波数特性

$L_s = L_r + L_m$
開放試験
 $L_s = L_r$
短絡試験

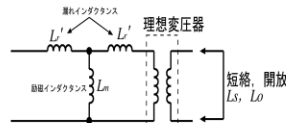


二次側漏れインダクタンスを考慮しない時の変圧器等価回路 L_r (漏れインダクタンス), L_m (励磁インダクタンス) の周波数特性



二次側を考慮した回路構成

二次側漏れインダクタンスを考慮した変圧器等価回路

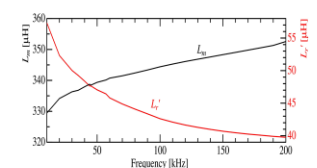


二次側を考慮した変圧器の周波数特性

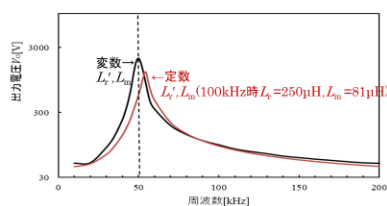
$L_s = L_r' \left(1 + \frac{L_m}{L_r' + L_m}\right)$
短絡試験
 $L_o = L_r' + L_m$
開放試験



二次側漏れインダクタンスを考慮した変圧器等価回路 L_r' (二次側漏れインダクタンスを考慮した漏れインダクタンス), L_m (励磁インダクタンス) の周波数特性



出力電圧・周波数特性



負荷 1[kΩ] 時の L_r' , L_m 固定と変動時の出力電圧-周波数特性

まとめ

・LLCに用いる高周波変圧器の漏れインダクタンスの周波数特性, 二次側漏れインダクタンスを考慮した場合のインダクタンス特性を明らかにした。

・二次側の漏れインダクタンスを考慮に入れた L_r' , L_m の周波数特性を使った設計方法を今後は検討していく予定である。

小型移動ロボットへのATAC方式を用いた 非接触給電におけるLCの設計

研究背景

○小型精密移動ロボットの実現を目指している
給電方法に非接触給電を採用することでコードレス化・バッテリーレス化

○給電方式

- ・伝送距離と位置ズレに強い磁界共振結合方式を採用する
- 磁界共振結合方式の問題点
 - ・送電側と受電側の共振周波数を一致させる必要がある
 - ・負荷や距離の変動で共振周波数が変化し受電電圧が変動
- 一般的には
 - ・検出回路を設けて送電側にフィードバックする

→回路が複雑、部品が多いため小型移動ロボットには不向き



Fig.1 小型精密移動ロボット

Table.1 電力供給方法

	非接触給電	電源コード	バッテリー
位置決め 精度	○	△ (張力や剛性)	△ (重量)
稼働時間	○	○	△ (連続稼働は 不可)

複雑な制御を行わず共振周波数を維持できるATAC方式を採用

研究目的

ATAC方式のLとCの比に着目し電圧変動に対する特性を調査する

シミュレーション構成

- ・入力電圧 V_{in} 24V
- ・D級ハーフブリッジ・インバータ
(6.78MHz)
- ・コイル間距離の変動
(x,y)=(0,0)としたとき(-35,0)から(35,0)
- ・コイル間距離の変動による結合係数
 k は0.22~0.27

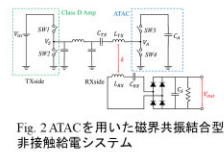


Fig. 2 ATACを用いた磁界共振結合型
非接触給電システム

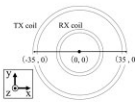


Fig. 3 送受電コイルの位置関係

シミュレーション結果

○シミュレーション条件
・インダクタンスLTX, LTX = 10 μ H, 50 μ H, 100 μ H, 150 μ H
・結合係数 k = 0.22~0.27
・ATACありとATACなしの場合で受電電圧 V_{out} を比較する

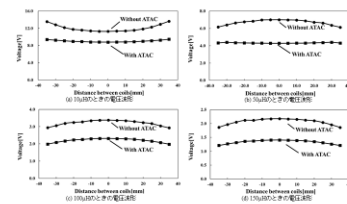


Fig. 4 コイル間距離の変動による出力電圧

- ・ATACありの方が電圧変動を抑制できている
- ・LとCの値の違いにより最大電圧を得られる距離がある

まとめ

- ・非接触ワイヤレス給電において、ATAC方式を用いた磁界共振結合方式は、受電電圧変動の抑制に対して有効であった。
- ・送電側・受電側のLとCの値を変化させることにより、最大受電電圧が得られる距離が異なることが明らかになった。
- ・ATAC方式において最大電圧を得られる距離が最も電圧変動を抑制することができた。

(3) 主な使用機器

- ・固定資産登録品名：電流プローブ、資産番号：42100392

9. 行動経済学を考慮した省エネルギー

(1) 研究概要

電力システムをはじめとするエネルギーシステムにおいて、エネルギーを消費するエネルギー需要はシステム全体の性能に大きな影響を及ぼす重要な因子であるが、これまで外生的に与えられることが多く、その構成や挙動を解明することは供給側の研究に比べてあまり着目されてきていない。近年では、建物・地域レベルのエネルギーマネジメントシステム (EMS) が注目されるようになり、エネルギー需要自体をシステムの制御対象と位置付け、管理・調整することが必要となっている。

そこで国内においては、エネルギー需要を計画・管理の対象とするための学問領域として「エネルギー需要科学」を位置づけ、エネルギーシステムの性能向上や長期的な革新に向けて、新しい学問領域として「エネルギー需要」が提案されている。

このエネルギー需要においては、人の行動、人の意思などが大きく影響することが報告されている。本研究では、特に空調機器の消費電力に注目し、空調機器の消費電力に影響を与える要素について検討を実施した。

(2) 研究内容報告

換気による空調機器の消費電力 に関する検討

AIT 愛知工業大学

目次

1. 研究背景・研究目的
2. 研究対象施設について
3. 空調機器の消費電力の比較概要
4. 空調機器の消費電力の比較結果
5. 平均気温と消費電力の比較結果
6. まとめ

1. 研究背景・研究目的

近年、ゼロカーボン社会の実現のために、様々な活動が実施されはじめている。

➡ 電気エネルギー分野では省エネルギー化が実施されてきているが、更なる高効率や消費電力の削減が要求されている。

家庭やオフィスなどにおけるエネルギー消費に注目すると

空調機器での消費が大きいと思われる

本研究では、特に空調機器の消費電力に注目し、空調機器の消費電力に影響を与える要素についての検討を行った。

COVID-19前とCOVID-19禍での換気の違いによる空調機器の消費電力変化について検討

AIT 愛知工業大学

2

AIT 愛知工業大学

3

2. 研究対象施設について

研究対象施設概要

- 研究対象施設は地上8階(地下2階、地上6階)の構成
- 延床面積8699[m²]
- Building Energy Management System(BEMS)が導入されている施設
- コンセント系統、照明系統、空調機器系統、それぞれの消費電力データの収集、空調機器に関しては空調機器の設定温度、吸込温度についてのデータも収集が行われている。



研究対象施設

3. 空調機器の消費電力比較の概要

2016年から2019年の4年間をCOVID-19前、2020年をCOVID-19禍として空調機器の消費電力についての比較を行った。

データ概要

- 研究対象施設内の4階から6階の空調機器の電力データを使用

- 1年の対象月としては、6月から11月まで

→ 2020年の6月より研究対象施設の利用が再開されていることからCOVID-19禍のデータとして2020年の6月からのものとし、これに合わせて2016年から2019年の比較対象月を6月から11月までとした。

2016年から2020年の各月ごとの消費電力の比較を行った。

3. 空調機器の消費電力比較の概要

各年の平均気温(6月から11月)の比較

- 消費電力の比較にあたり比較対象期間(6月から11月)の平均気温にばらつきが大きいと比較に影響がでることを考慮し、比較対象期間の平均気温について確認した。

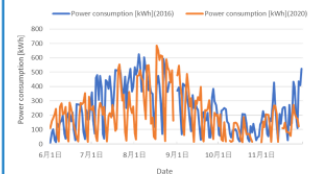
各年の平均気温(6月から11月)				
Average temperature from June to November				
2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
22.1°C	21.2°C	22.3°C	22.2°C	22.1°C

各年、ほぼ同じ平均気温であることが確認できた。

4. 空調機器の消費電力の比較結果

2016年と2020年の消費電力比較

- 6月の期間では、2016年に比べて2020年のほうが消費電力が大きいことが見て取れる。
- 7月の期間では、2016年のほうが2020年に比べて消費電力が大きいことが見て取れる。
- 8月、9月の期間では、さほど消費電力に大きな違いは見られない。
- 10月、11月の期間では、2016年のほうが2020年に比べて消費電力が大きいことが見て取れる。



2016年と2020年の電力比較

4. 空調機器の消費電力の比較結果

2016年と2020年の月別消費電力比較

2016年と2020年の月別消費電力比較	
Average monthly power consumption [kWh]	
June average (2016)	June average (2020)
149.77	180.49
July average (2016)	July average (2020)
373.64	224.93
August average (2016)	August average (2020)
360.32	356.34
September average (2016)	September average (2020)
238.15	250.95
October average (2016)	October average (2020)
114.01	60.39
November average (2016)	November average (2020)
220.74	126.64

約30.73[kWh]ほど2020年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。2016年の約1.21倍の消費電力

約148.71[kWh]ほど2016年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。2020年の約1.66倍の消費電力

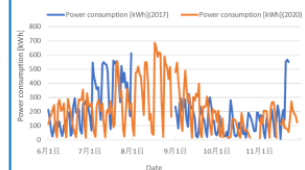
2016年と2020年で消費電力にあまり差は見られない。

2016年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。

4. 空調機器の消費電力の比較結果

2017年と2020年の消費電力比較

- 6月の期間では、2017年に比べて2020年のほうが消費電力が大きいことが見て取れる。
- 7月の期間では、2017年のほうが2020年に比べて消費電力が大きいことが見て取れる。
- 9月の期間では、2017年に比べて2020年のほうが消費電力が大きいことが見て取れる。
- 10月、11月の期間では、2017年のほうが2020年に比べて消費電力が大きいことが見て取れる。



2017年と2020年の電力比較

4. 空調機器の消費電力の比較結果

2017年と2020年の月別消費電力比較

2017年と2020年の月別消費電力比較	
Average monthly power consumption [kWh]	
June average (2017)	June average (2020)
145.34	180.49
July average (2017)	July average (2020)
383.99	224.93
August average (2017)	August average (2020)
0	356.34
September average (2017)	September average (2020)
171.13	250.95
October average (2017)	October average (2020)
96.49	60.39
November average (2017)	November average (2020)
140.06	126.64

約35.15[kWh]ほど2020年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。2017年の約1.24倍の消費電力

約159.06[kWh]ほど2017年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。2020年の約1.71倍の消費電力

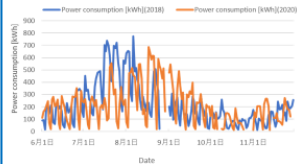
約79.82[kWh]ほど2020年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。2017年の約1.47倍の消費電力

2017年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。

4. 空調機器の消費電力の比較結果

2018年と2020年の消費電力比較

- 6月の期間では、2018年に比べて2020年のほうが消費電力が大きいことが見て取れる。
- 7月の期間では、2018年のほうが2020年に比べて消費電力が大きいことが見て取れる。
- 8月の期間では、2018年に比べて2020年のほうが消費電力が大きいことが見て取れる。
- 9月の期間では、2018年に比べて2020年のほうが消費電力が大きいことが見て取れる。
- 10月,11月の期間では、2018年のほうが2020年に比べて消費電力が大きいことが見て取れる。



2018年と2020年の電力比較

4. 空調機器の消費電力の比較結果

2018年と2020年の月別消費電力比較

2018年と2020年の月別消費電力比較	
Average monthly power consumption [kWh]	
June average (2018)	June average (2020)
172.24	180.49
July average (2018)	July average (2020)
439.94	224.93
August average (2018)	August average (2020)
289.42	356.34
September average (2018)	September average (2020)
158.93	250.95
October average (2018)	October average (2020)
97.12	60.39
November average (2018)	November average (2020)
129.49	126.64

2018年と2020年で消費電力にあまり差は見られない。

約215[kWh]ほど2018年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。2020年の約1.96倍の消費電力

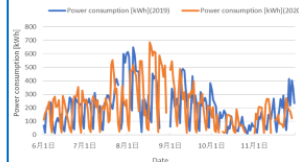
2020年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。

2018年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。

4. 空調機器の消費電力の比較結果

2019年と2020年の消費電力比較

- 6月の期間では、2019年に比べて2020年のほうが消費電力がやや大きいことが見て取れる。
- 7月の期間では、2019と2020年とであまり差は見られなかった。
- 8月の期間では、2019年に比べて2020年のほうが消費電力がやや大きいことが見て取れる。
- 9月の期間では、2019年と2020年とであまり差は見られなかった。
- 10月,11月の期間では、2019年のほうが2020年に比べて消費電力が大きいことが見て取れる。



2019年と2020年の電力比較

4. 空調機器の消費電力の比較結果

2019年と2020年の月別消費電力比較

2019年と2020年の月別消費電力比較	
Average monthly power consumption [kWh]	
June average (2019)	June average (2020)
143.43	180.49
July average (2019)	July average (2020)
246.22	224.93
August average (2019)	August average (2020)
331.15	356.34
September average (2019)	September average (2020)
238.89	250.95
October average (2019)	October average (2020)
99.40	60.39
November average (2019)	November average (2020)
158.95	126.64

約37.06[kWh]ほど2020年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。2019年の約1.26倍の消費電力

約21.28[kWh]ほど2019年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。2020年の約1.09倍の消費電力

2020年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。

2019年のほうが消費電力が大きいことが確認できた。

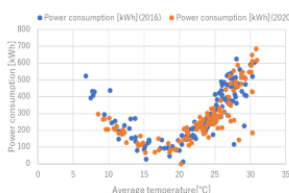
5. 平均気温と消費電力の比較結果

平均気温と消費電力比較

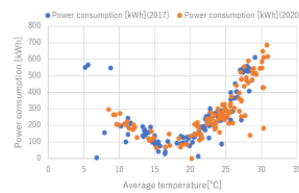
- 平均気温に対する消費電力の関係から換気の影響の検討を行った。

比較概要

- 2016年から2019年(COVID-19前)の期間における平均気温に対する消費電力の関係と2020年(COVID-19禍)の平均気温に対する消費電力の関係から比較を行った。

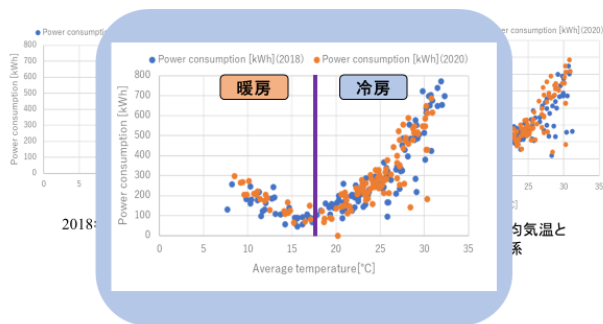


2016年と2020年の平均気温と消費電力の関係



2017年と2020年の平均気温と消費電力の関係

5. 平均気温と消費電力の比較結果



COVID-19前とCOVID-19禍における換気の違いによる消費電力への影響は見られなかった

6. まとめ

検討概要

- 2016年から2019年をCOVID-19前,2020年をCOVID-19禍としてそれぞれの期間における消費電力の比較
- 2016年から2019年の平均気温に対する消費電力の関係と2020年の平均気温に対する消費電力の関係での比較

検討結果

- 2016年から2019年の6月と2020年6月の比較において,2020年6月はどの時期との比較においても消費電力が大きくなっていることが確認できた。
- 10月から11月の期間との比較では,2016年から2019年のほうが 2020年よりも消費電力が大きい結果となった。
- それぞれの期間において平均気温に対する消費電力の関係から換気の影響は見られなかった。

今後の予定

- 人の行動や換気の状態を考慮した検討を行っていく予定である。

(3) 主な使用機器

- ・ 固定資産登録品名：クランプオンプローブ，資産番号：42001089
- ・ 固定資産登録品名：クランプオンプローブ，資産番号：42001090
- ・ 固定資産登録品名：電源品質アナライザセット PQ3198-92，資産番号：42001092

10. マイクログリッドの受電点における電力制御手法の一検討

(1) 研究概要

2020 年 10 月に日本は、「2050 年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするとして、カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す。」ことを目標にした。このため、社会においては電化が進んでいくものと予想されるため、「再生可能エネルギーの主力電源化」、「徹底した省エネルギー社会の実現」が要求される。特に、電力分野における脱炭素化に関して、洋上風力産業、蓄電池産業を成長戦略として注目されている。

著者らはこれまで、再生可能エネルギーが導入された系統にも対応できる給電制御手法をこれまで開発してきた。特にこれまで開発してきたシステムにおいては、変換器の動作や再生可能エネルギーの導入拡大を中心に検討をしてきた。ここで近年の電力市場に注目すると、2016 年から完全自由化が実施され、スポット市場、時間前市場などが開設されている。このため電力需給を保つため、計画値の同時同量が要求されている。

本論文では、これまで開発してきた給電手法が現在開設された電力市場においての利活用の可能性について検討したので報告する。

(2) 研究内容報告



マイクロ・スマートグリッドの構築・設計

分散型電源（太陽光発電・風力発電）でエネルギーの自給自足？

- ・供給する負荷の特性（大きさ、特徴）
- ・太陽光発電・風力発電などは出力が不安定
- ・蓄電装置が必要
- ・充電・放電ができる変換器
- ・各分散型電源の出力を計測・制御
- ・コスト



パレラプロセッシング方式を用いた分散型電源導入系統における給電装置を開発（愛知工大・NTT-F・山洋電気：協同開発：文科省助成）

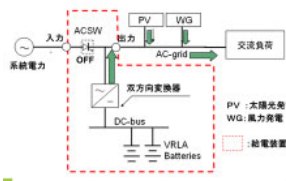
- ・分散型電源導入系統の自立運転
- ・無関断での系統連系 — 自立 — 連系が可能
- ・ピークシフト・ピークカット
- ・系統連系運転（一定受電、受電量制限）
- ・蓄電池（鉛、リチウムイオン電池、EDLCなど）



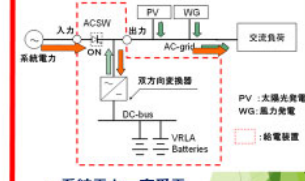
本論文で用いた給電装置の運転方式

電圧・電流の制御は？

自立運転モード



系統連系運転モード



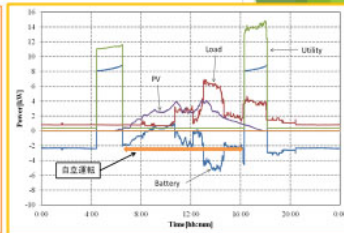
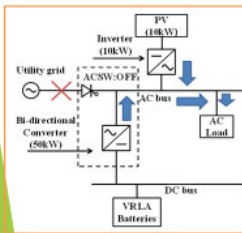
- ・系統電力一定受電
- ・系統電力制限受電
- ・ピークカット・ピークシフト
- ・逆潮流 etc

無関断での移行

双方向変換装置の運転方式

①自立運用モード ③バックアップ運用

ACSWをOFFし、双方向変換装置を電圧源として蓄電池と分散型電源から負荷に電力を供給



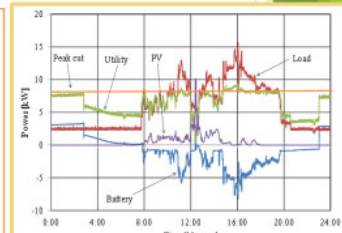
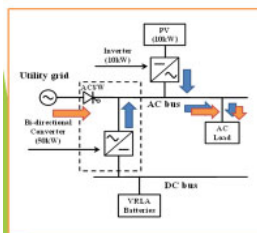
双方向変換装置の運転方式

②連系運転モード ピークカットモード

系統電力からの最大受電電力（ピークカット値）を設定

（負荷電力-分散型電源発電電力）> ピークカット値

系統からの受電電力がピークカット値となるように不足電力分を蓄電池から放電する



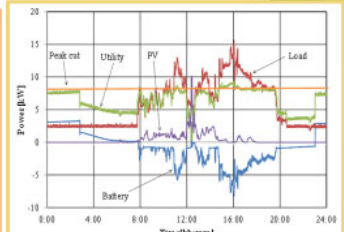
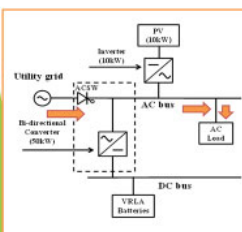
双方向変換装置の運転方式

②連系運転モード ピークカットモード

系統電力からの最大受電電力（ピークカット値）を設定

（負荷電力-分散型電源発電電力）< ピークカット値

系統から（負荷電力-分散型電源発電電力）の電力を受電し、蓄電池から放電は行わない



双方向変換装置の運転方式

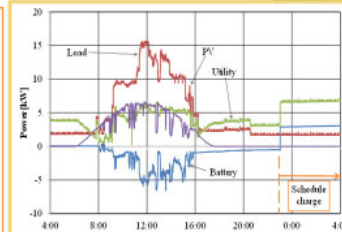
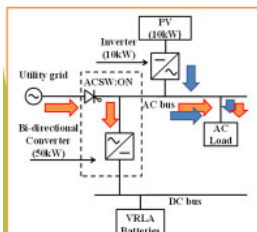
②連系運転モード 充電モード

スケジュール充電

あらかじめ設定した時刻に自動的に充電を開始

補充電

蓄電池電圧があらかじめ設定した運用下限電池を下回ると補充電を実施



双方向変換装置の運転方式

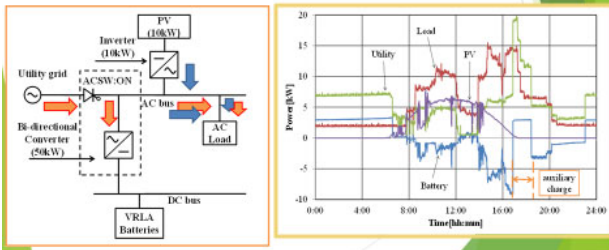
②連系運転モード 充電モード

スケジュール充電

あらかじめ設定した時刻に自動的に充電を開始

補充電

蓄電池電圧があらかじめ設定した運用下限電圧を下回ると補充電を実施



双方向変換装置の運転方式

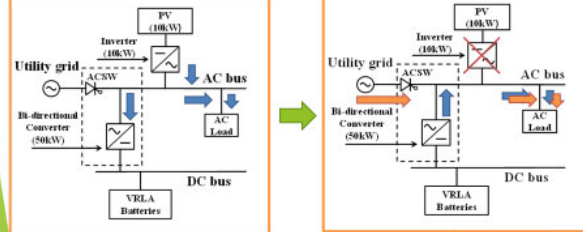
②連系運転モード 余剰電力発生時(PCS停止モード)

分散型電源のPCS停止

グリッド内に余剰電力が発生した場合、蓄電池に余剰電力を充電

蓄電池電圧の運用電圧が上限

分散型電源(PCS)の停止 + 蓄電池から電力を放電



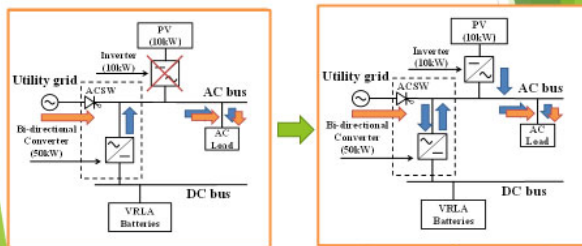
双方向変換装置の運転方式

②連系運転モード 余剰電力発生時(PCS停止モード)

分散型電源のPCS再起動

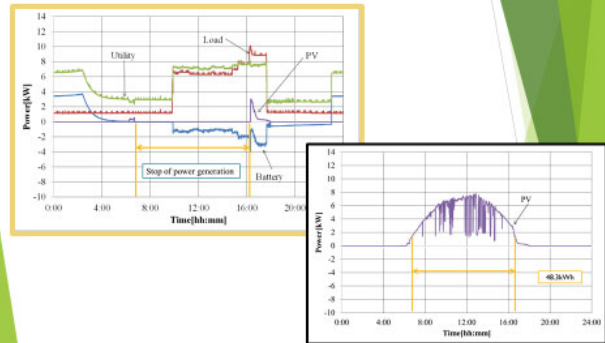
蓄電池電圧がPCS再起動電圧に到達

分散型電源(PCS)の再起動



双方向変換装置の運転方式

②連系運転モード 余剰電力発生時(PCS停止モード)



双方向変換装置の運転方式

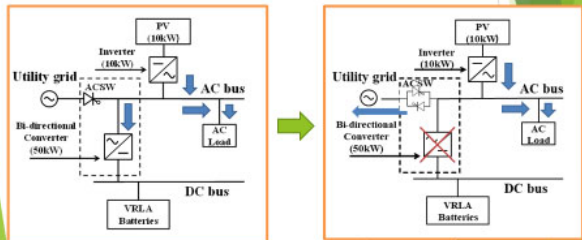
②連系運転モード 余剰電力発生時(変換装置停止モード)

双方向変換装置の停止

グリッド内に余剰電力が発生した場合、蓄電池に余剰電力を充電

蓄電池電圧の運用電圧が上限

双方向変換装置の停止



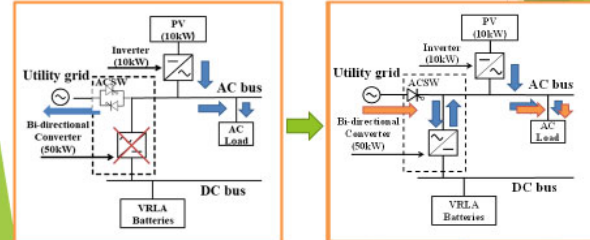
双方向変換装置の運転方式

②連系運転モード 余剰電力発生時(変換装置停止モード)

双方向変換装置の再起動

系統電力が受電となった場合(系統電力 > 0)

変換装置の再起動



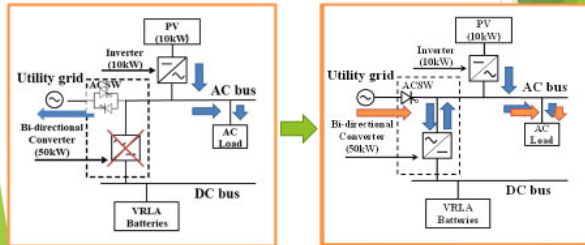
双方向変換装置の運転方式

②連系運転モード 余剰電力発生時(変換器停止モード)

双方向変換装置の再起動

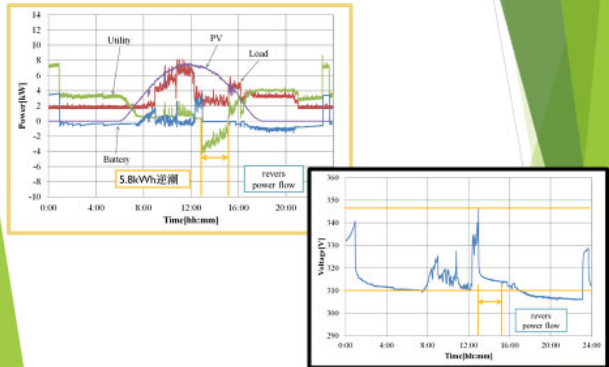
系統電力が受電となった場合(系統電力 > 0)

変換装置の再起動



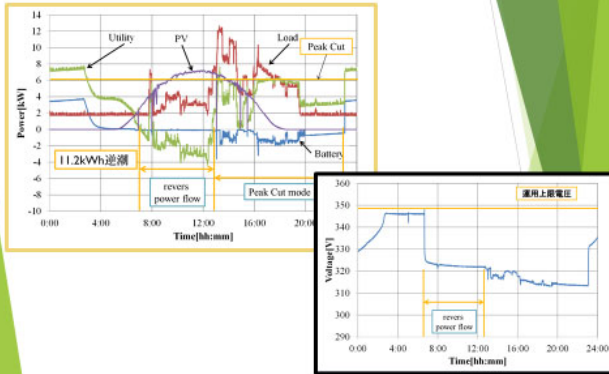
双方向変換装置の運転方式

②連系運転モード 余剰電力発生時(変換器停止モード)



双方向変換装置の運転方式

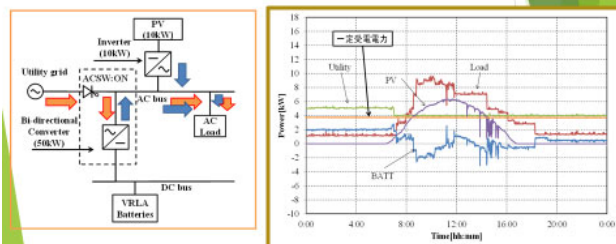
②連系運転モード 余剰電力発生時(変換器停止モード)



双方向変換装置の運転方式

②連系運転モード 受電電力一定モード

ACSWをONし、系統電力と分散型電源、蓄電池から負荷に電力を供給



受電電力制御運転モードの検討

電力市場の自由化

- 電力需給バランスを持つために、計画値の同時同量の要求



受電点電力を制御

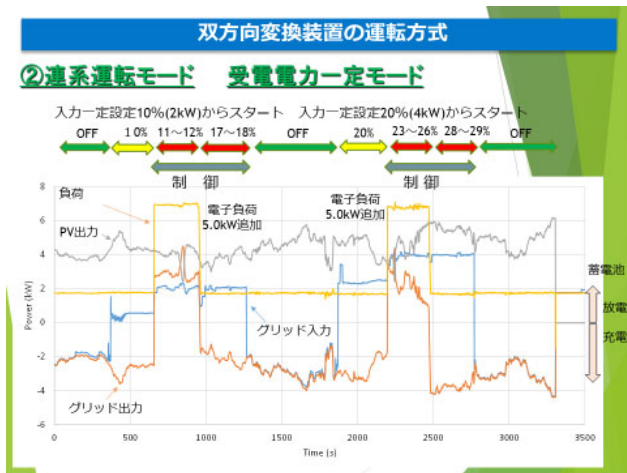
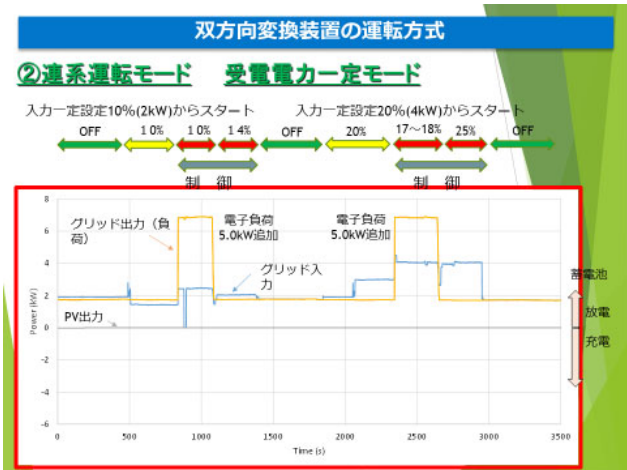
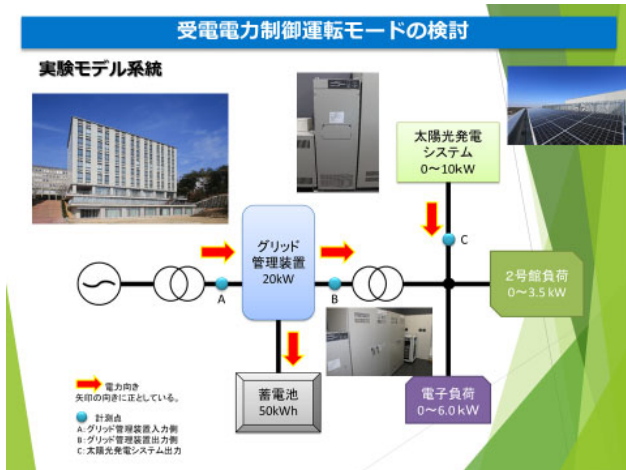
- 翌日分の電力市場に応じた受電量の制御
- 蓄電池容量に基づく調整電力量を創出、市場販売
- 発生インバランスの清算費用の低減

受電電力制御運転モードの検討

- 需給調整市場で取り扱う商品の要件は以下のとおり。

要呼称	一次調整力① Frequency Containment Reserve (FCR)	二次調整力① Synchronized Frequency Restoration Reserve (S-FRR)	二次調整力② Frequency Restoration Reserve (FRR)	三次調整力① Replacement Reserve (RR)	三次調整力② Replacement Reserve for FTR (RR-FTR)
対応する事象	GCから受電開始までの平常時の時間帯変動や、電圧変動の事象に対応。(発電機等の出力調整に該当)	GCから受電開始までの平常時の時間帯変動や、電圧変動の事象に対応。(発電機等の出力調整に該当)	GCから受電開始までの平常時の時間帯変動や、電圧変動の事象に対応。(発電機等の出力調整に該当)	GCから受電開始までの平常時の時間帯変動や、電圧変動の事象に対応。(発電機等の出力調整に該当)	GCから受電開始までの平常時の時間帯変動や、電圧変動の事象に対応。(発電機等の出力調整に該当)
指令・制御	オンライン (自動制御)	オンライン (LFC制御)	オンライン (EDC制御)	オンライン (EDC制御)	オンライン (EDC制御)
応答時間	10秒以内	5分以内	5分以内	15分以内	45分以内
継続時間	5分以内	30分以内	30分以内	商品プロック時間(3時間)	商品プロック時間(3時間)
出力可能量 (入札上限)	10秒以内に出力変化可能な量 (機出力能力のFCR値を上限)	5分以内に出力変化可能な量 (機出力能力のFCR値を上限)	5分以内に出力変化可能な量 (オンラインで調整可能な値を上限)	15分以内に出力変化可能な量 (オンラインで調整可能な値を上限)	45分以内に出力変化可能な量 (オンラインで調整可能な値を上限)
最低入札量 (入札単位)	5MW (出力変動幅: 1MW)	5MW	5MW	専用線: 5MW 他種販売システム: 1MW	専用線: 5MW 他種販売システム: 1MW

出所: 第17回需給調整市場検討委員会 (2020.6.12) 資料2-18にも記載されている。



- ### まとめ
- ・開発してきた双方向変換器の運転動作について、各運転モードの特徴を、小規模システムを用いた実証運転での説明
 - ・今後の電力市場においても、これまで開発してきたシステムの適応可能性について基礎検討
 - ・一定電力受電制御において、計測・制御誤差の低減が今後課題として考える
 - ・今後、詳細な運転方法についても検討していく予定

(3) 主な使用機器

- ・固定資産登録品名：パワーコンディショナ評価システム，資産番号：41801216
- ・固定資産登録品名：模擬配電系統設備電子負荷装置(1)-(4)，資産番号：41201426-41201429
- ・固定資産登録品名：模擬配電系統設備直流電源装置(13)-(16)，資産番号：41201430-41201433
- ・愛知工業大学 12 号館および新 2 号館 マイクログリッド