

コンデンサによる電力変動抑制

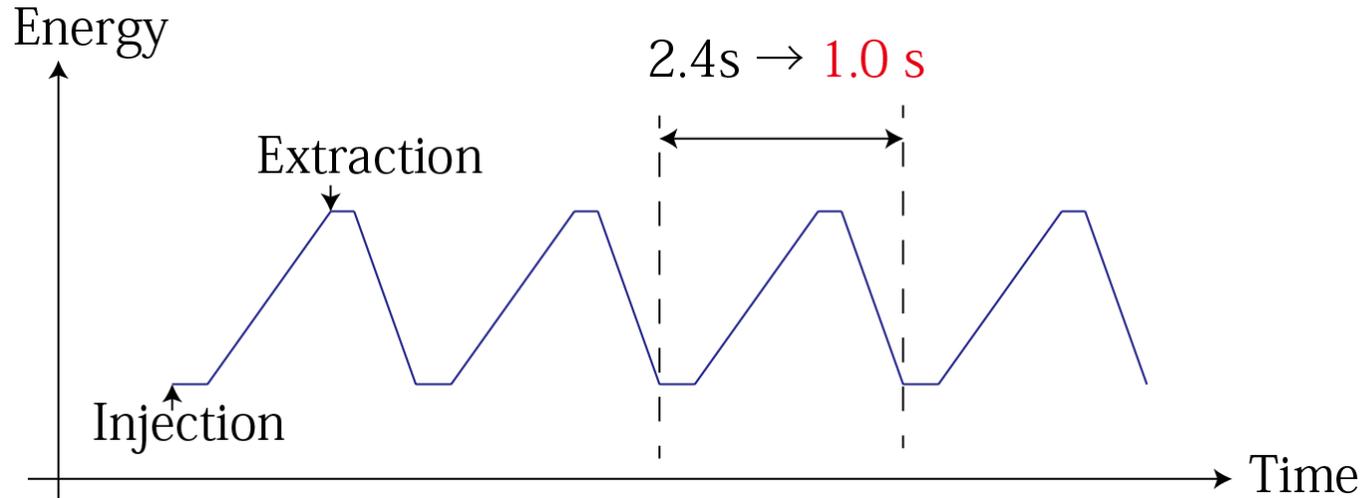
栗本 佳典

Contents

- イントロダクション
- コンデンサバンクを用いた新電源構成
- 乾式フィルムキャパシタについて
- CERN PSで起こっている問題について
- まとめ

電源の高繰り返し化

0.4 Hz から 1 Hz へ

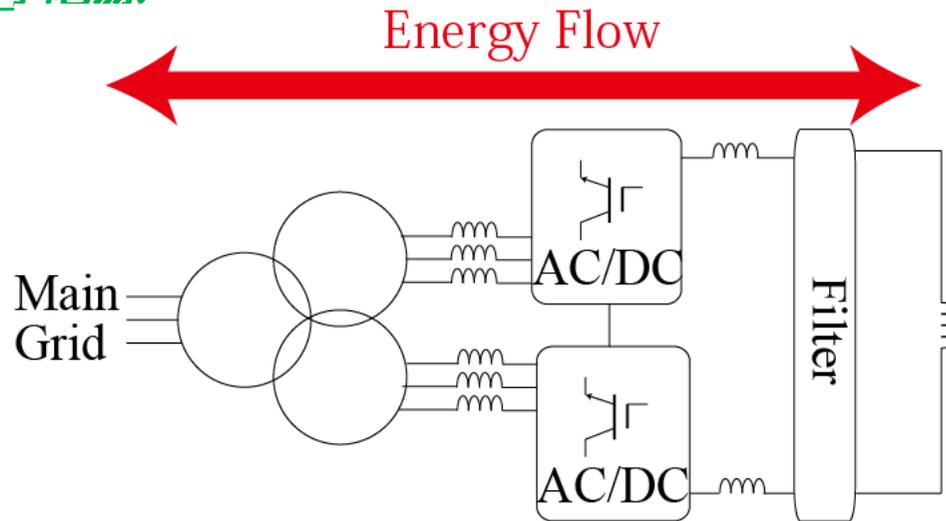


新電源への要請

	現行電源	新電源
出力電圧	3 kV	6 kV
出力電流	1560 A	1560 A
出力電力	5 MW	10 MW
繰り返し周期	2.5 s	1.0 s

電力貯蔵機構の必要性

現行電源



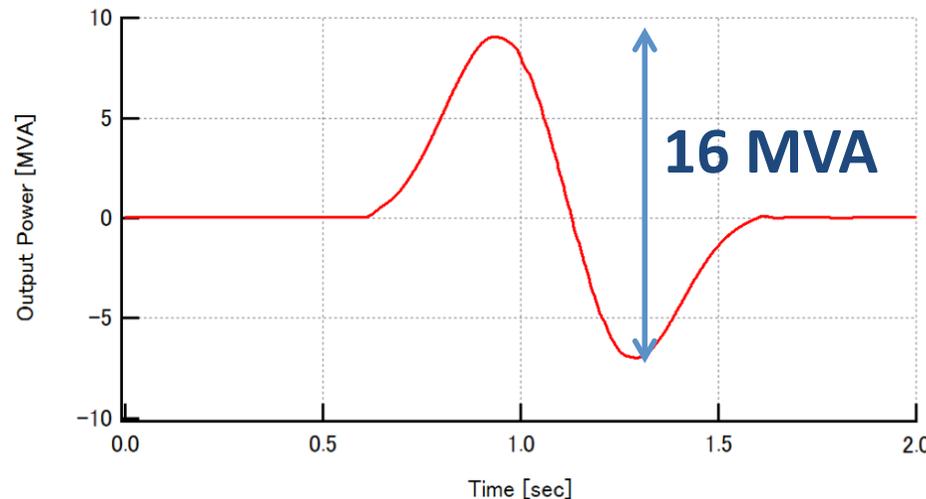
- 電流型変換器一台のみ
- 電力貯蔵機構はなし



出力電力 = 入力電力

電力変動 @ 1 Hz 運転

偏向電磁石電源一台当たりの電力変動



偏向電磁石電源のみで

電力変動 = **96 MVA**

許容量を超える

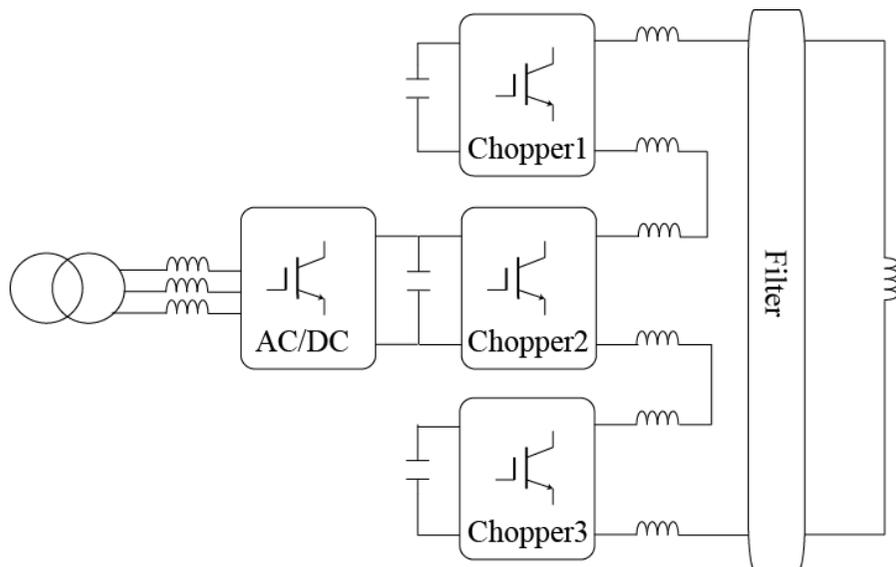
電力貯蔵機構

新電源の基本構成

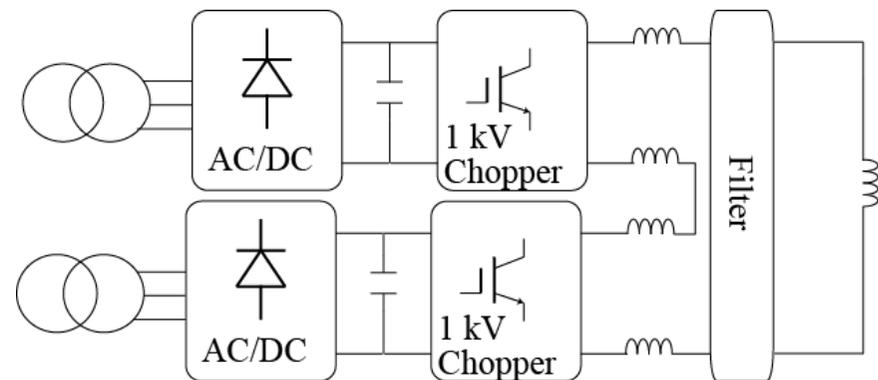
新電源の概要

- コンデンサバンクを用いた電力変動抑制
- 出力チョッパーを直列にすることによる高電圧化
- デジタルフィードバックシステムを用いた高安定化

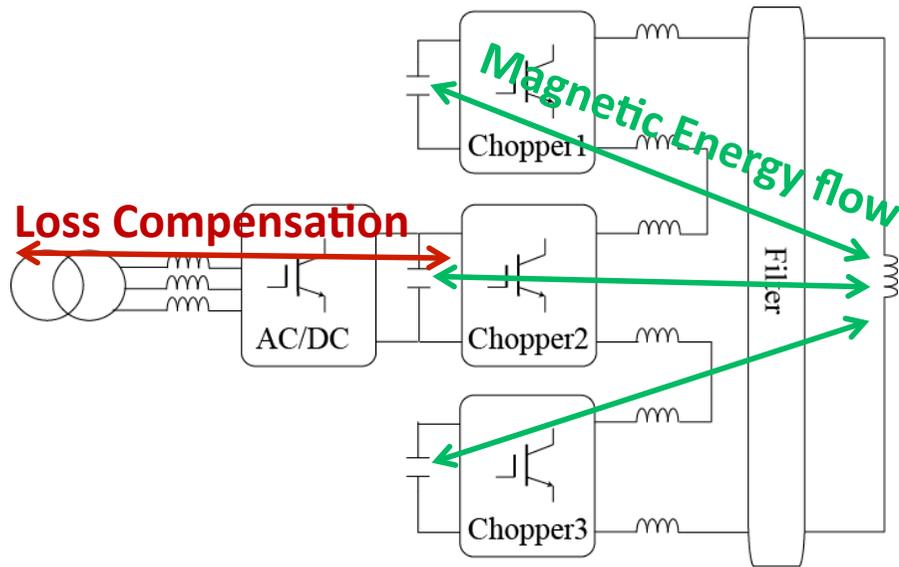
大型電源 (B および大型 Q 電磁石用)



小型電源 (小型 Q および Sext. 電磁石用)

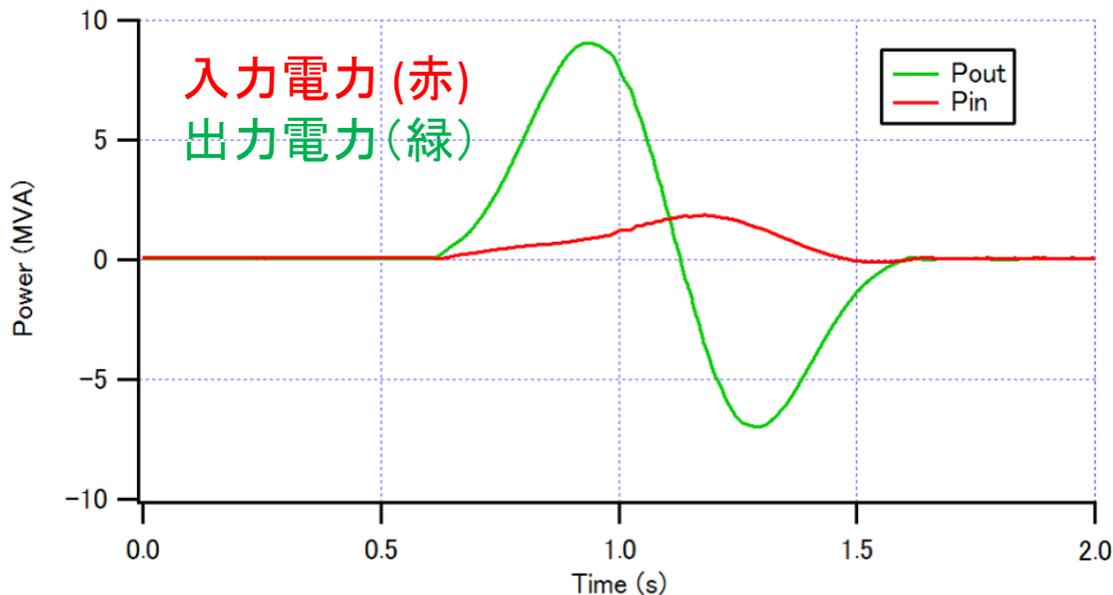


電力変動抑制の効果



- 磁気エネルギー(1偏向電磁石ファミリあたり~10 MJ)はコンデンサバンクから供給
- 抵抗損失のみが系統から補償される。

偏向電磁石ファミリ当たりの電力変動

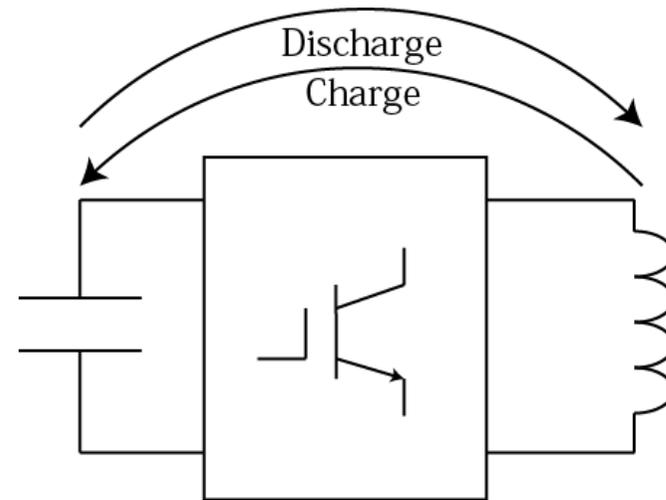
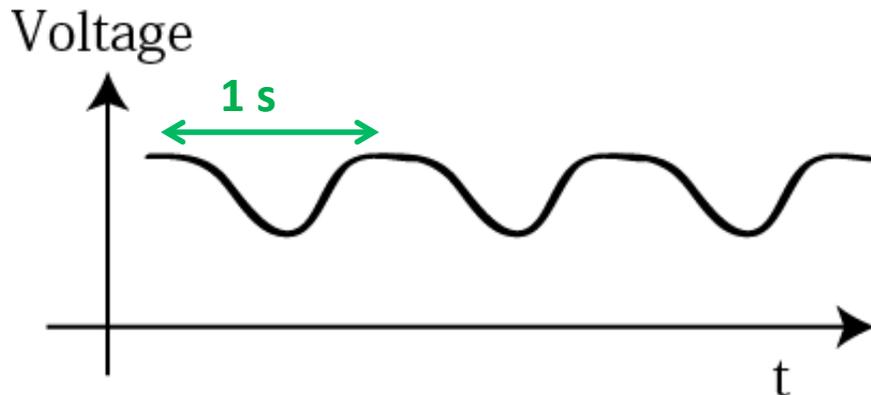


入力電力は70%低減できる。

コンデンサによる電力貯蔵

要求

10年 (~ 10^8 パルス) 以上の寿命
内部短絡を起こさない



→ 静電容量を小さくするために、放電時の電圧低下をある程度許容する。電圧は放電時に半分になると仮定して、コンデンサの開発を行っている。

乾式フィルムコンデンサ

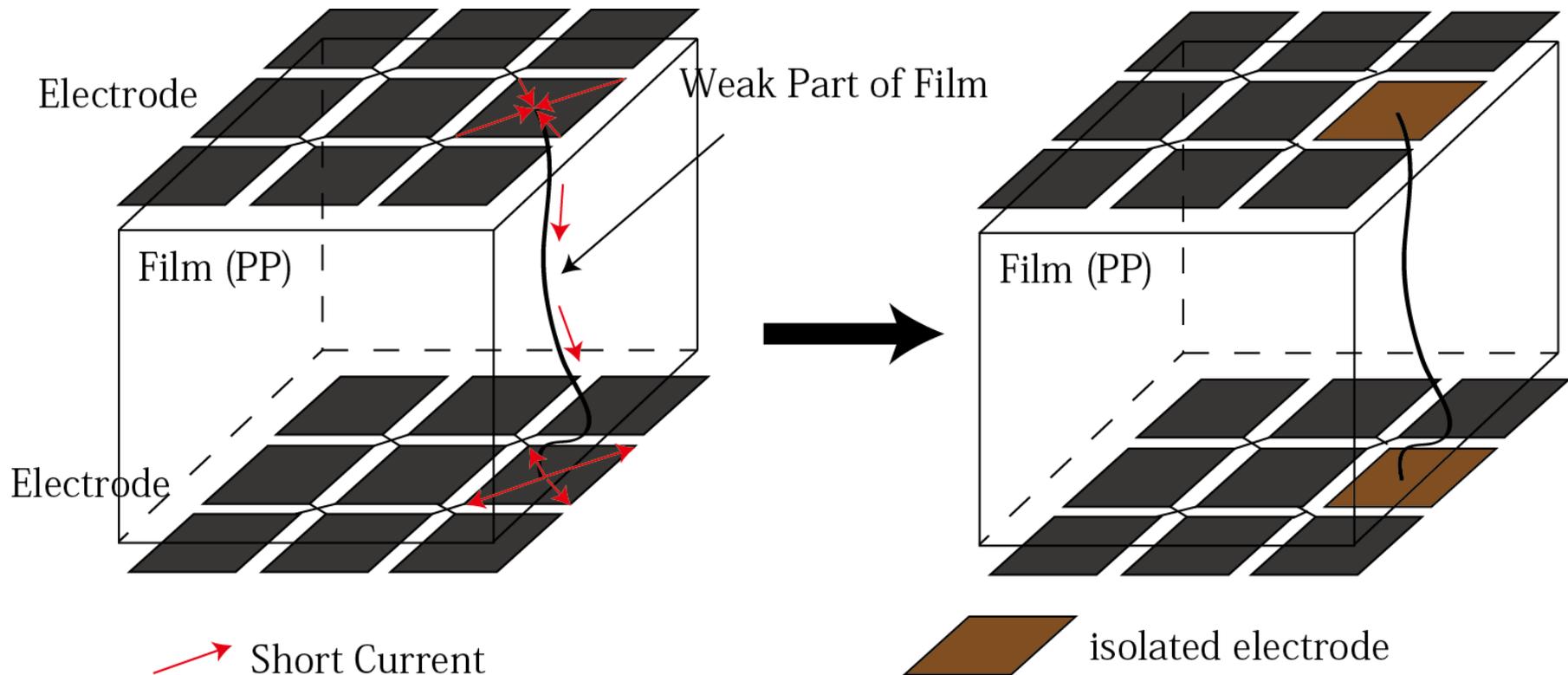


- 長寿命
- 自己保安機構による内部短絡の防止
- 近年のエネルギー密度の増大

製鉄や鉄道用に10年で8万台出荷 -> 事故報告なし (購入予定メーカーの一つ)

自己保安機構

コンデンサの内部構造

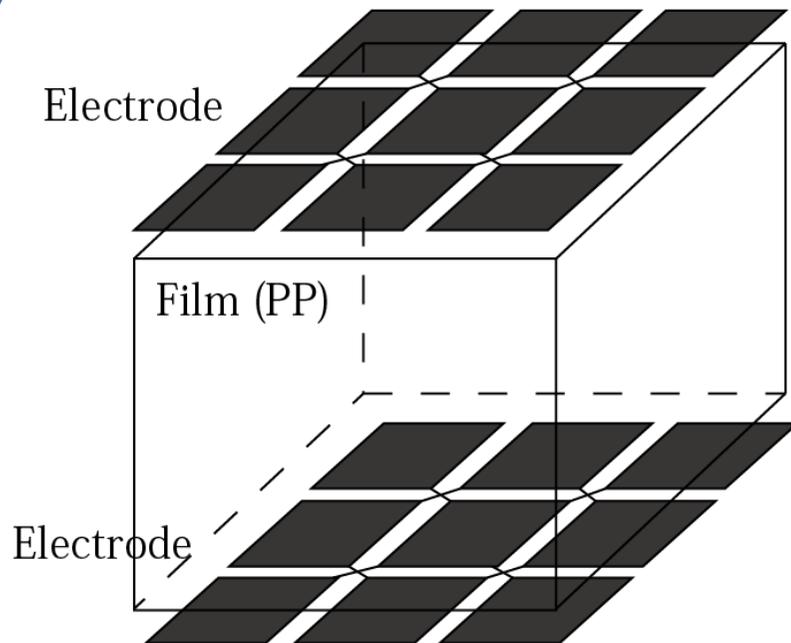


ピクセルが多い程安全

- 多数のピクセル電極が細かい線で連結されている。
- 過電流が起こるとピクセル間の線がきれて、ピクセルが切り離される。
- 結果として静電容量が 10^{-4} 程度減少する。
- **寿命は5%容量が低減する時間と定義する。**

AC or DC ?

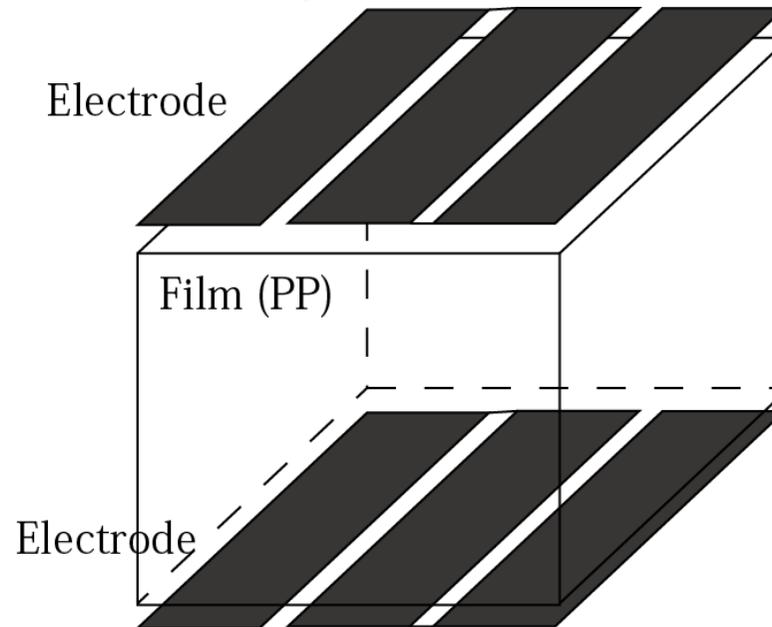
DC 用コンデンサ



- ピクセルは小さく、多数
- 高電圧 (200 V/ μm)



AC 用 (50/60 Hz) コンデンサ



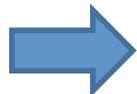
- 電極境界の部分放電をへらすため、
ピクセルは大きく少ない
- 低電圧 (<100 V/ μm)



巨大になる



我々の場合は50 / 60 Hzではなく 1 Hzの変動

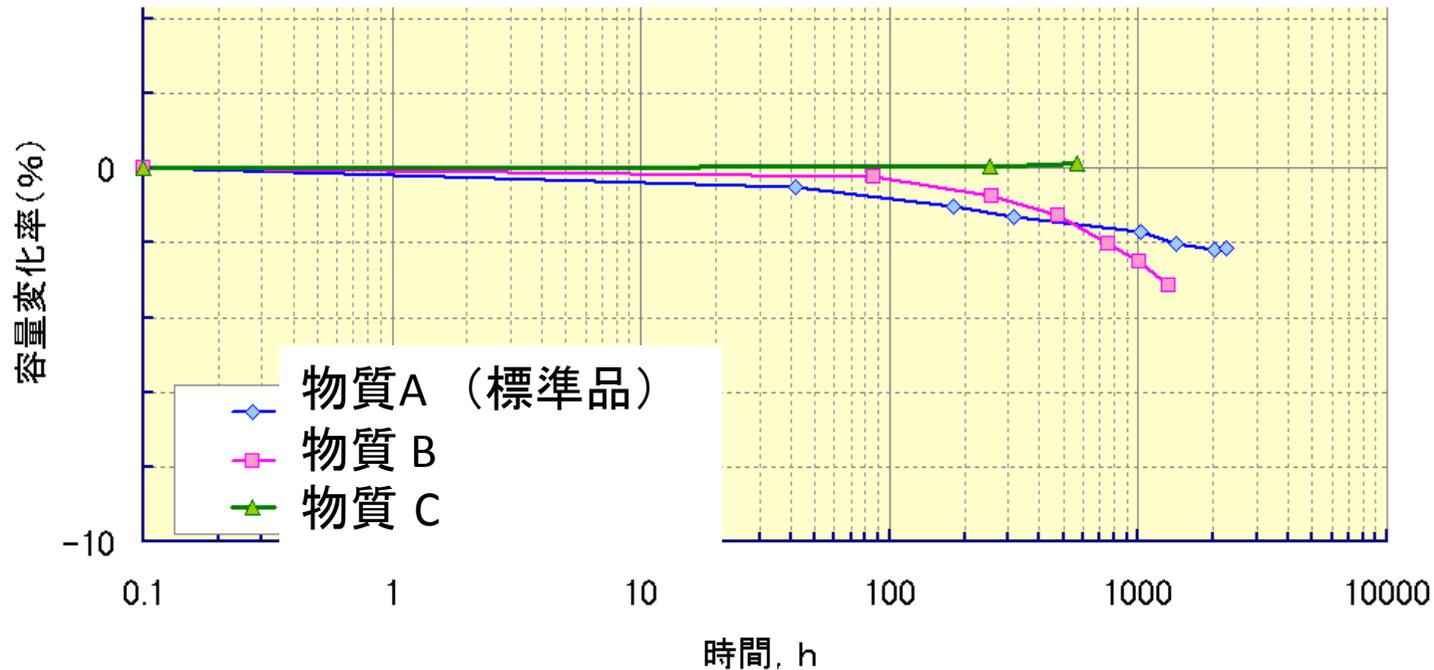


DC コンデンサベースの開発

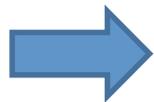
寿命試験

電極材質を変えて測定

60 Hz (加速試験)



物質Cを選択 (標準品では寿命が短い)



寿命 (5% 容量減少) = 4.5×10^8 パルス

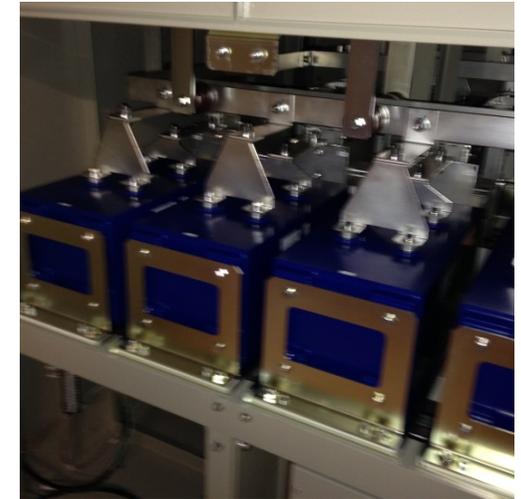
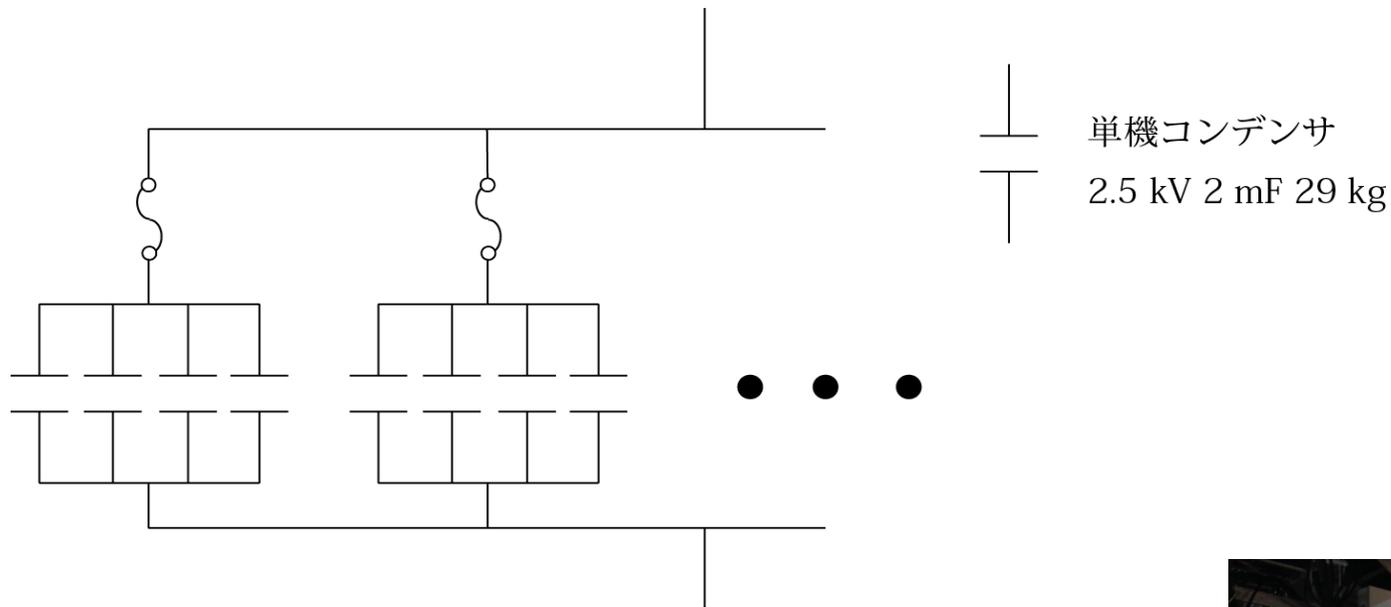
単機コンデンサのデザインはほぼ完了

(電源メーカーの承認済み)

2mF 2.5 kV 20-30 kg

その他に、過電圧試験(1 Hz)による加速試験も行っている

保護について



- 48 mFのバンクコンデンサ盤をプロトタイプとして作成、2014年三月に納品（TEMIC社製）
- コンデンサが内部短絡しても被害が限定的になるようにヒューズ構成を設計（4機あたり一個のヒューズ）
- （嶋田先生提案の）抵抗器による短絡電流抑制法も検討したい。



コンデンサバンクの規模

	静電容量 /電源	コンデンサ台 数/電源	コンデンサ質 量/電源	電源台数
BM	1456 mF	728	21トン	6
QDN	934 mF	467	14トン	1
QFN	604 mF	302	9トン	1
QFX	414 mF	217	6トン	1
QDX	270 mF	135	4トン	1

- 電源棟のスペースおよび予算の関係で、簡易的な構造物に収納し(コンテナ、テントハウス等)、野外に置くことを検討中

まとめ

- コンデンサバンクに乾式フィルムコンデンサを使う事を検討中である。
- 標準品では、充放電に伴う電圧変動による寿命短縮が許容できない(CERNでも観測)
- 電極の材質を変えることで、十分な寿命が得られる。
- 開発品は既に電源メーカーの承認を得ておりコンデンサ盤の試作品が完成した。