

## Doppelschicht-Kondensatoren Modul mit sehr hoher Kapazität

### Spezielle Eigenschaften

- Speicherkondensatoren-Modul mit sehr hoher Kapazität von 110 F bei einer Nennspannung von 14 V-
- Entladestrom bis 1400 A
- Wartungsfrei
- Kaskadiert
- Aktiv symmetriert
- Konform RoHS 2002/95/EC

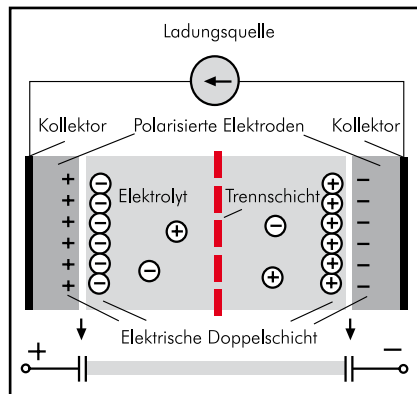
### Anwendungsgebiete

Geeignet zur Unterstützung, Schonung oder als Ersatz für Batterien im Rahmen neuer Antriebstechnologien in der

- Automobilindustrie
- Bahntechnik
- Windkrafttechnik
- Unterbrechungsfreien Stromversorgung

### Aufbau

#### Innerer Aufbau:



#### Umhüllung:

PU

#### Anschlüsse:

Schraubanschlüsse M8 x 12

#### Kenzeichnung:

Farbe: Schwarz. Aufdruck: Gold

1) Anforderungen:

$|\Delta C/C_N| \leq 30\%$ ,  $ESR \leq 2$ -facher spezifischer Grenzwert,  $I_{leak} \leq 2$ -facher Anfangswert.

2) Testbedingungen:

$|\Delta C/C_N| \leq 30\%$ ,  $ESR \leq 2$ -facher spezifischer Grenzwert,  $I_{leak} \leq 2$ -facher Anfangswert (Zyklen: Ladung auf  $U_R$ , 30 s Ruhe, Entladung auf  $U_R/2$ , 30 s Ruhel).

### Technische Angaben

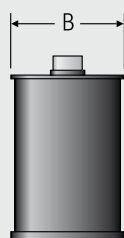
|  |           |                   |
|--|-----------|-------------------|
| <b>Kapazität:</b>                          | $C_N$     | <b>110 F</b>      |
| <b>Kapazitätstoleranz:</b>                 | -         | $\pm 20\%$        |
| <b>Betriebsspannung:</b>                   | $U_R$     | 14 V              |
| <b>Betriebsstrom:</b>                      | $I_C$     | 400 A             |
| <b>Pulsstrom:</b>                          | $I_P$     | bis 1400 A        |
| <b>Innenwiderstand:</b>                    | $R_{DC}$  | 7 m $\Omega$      |
| <b>Max. Energie: <math>\pm 20\%</math></b> | $E_{max}$ | 11 kJ             |
| <b>Arbeitstemperatur:</b>                  | $T_{op}$  | -30° C ... +65° C |
| <b> Lagertemperatur:</b>                   | $T_{st}$  | -40° C ... +70° C |
| <b>Gewicht:</b>                            | m         | 1700 g            |
| <b>Volumen:</b>                            | V         | 1,5 l             |

### Weitere Angaben

|                           |   |         |
|---------------------------|---|---------|
| <b>Gehäuse:</b>           | - | PU      |
| <b>Schraubanschlüsse:</b> | - | M8 x 12 |
| <b>Anziedrehmoment:</b>   | - | 10 Nm   |

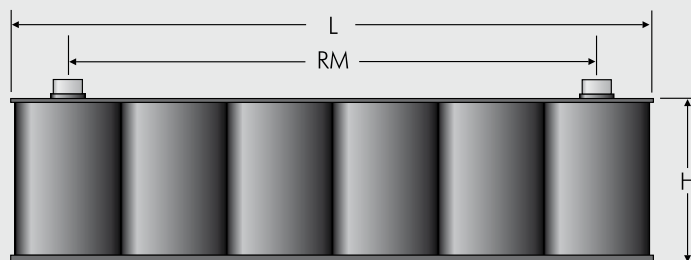
### Vergleichsangaben

|                          |        |           |
|--------------------------|--------|-----------|
| <b>Lebensdauer:</b>      |        |           |
| in Stunden <sup>1)</sup> | h      | 90 000    |
| in Zyklen <sup>2)</sup>  | Zyklen | 500 000   |
| <b>Energiedichte:</b>    |        |           |
| gravimetrisch            | $E_d$  | 1,5 Wh/kg |
| volumetrisch             | $E_v$  | 1,85 Wh/l |



| L   | B  | H  | RM  |
|-----|----|----|-----|
| 325 | 60 | 90 | 265 |

Alle Maße in mm.



Abweichungen und Konstruktionsänderungen vorbehalten.

## Doppelschicht-Kondensatoren Modul mit sehr hoher Kapazität

### Spezielle Eigenschaften

- Speicherkondensatoren-Modul mit sehr hoher Kapazität von 55 F bei einer Nennspannung von 28 V-
- Entladestrom bis 1400 A
- Wartungsfrei
- Kaskadiert
- Aktiv symmetriert
- Konform RoHS 2002/95/EC

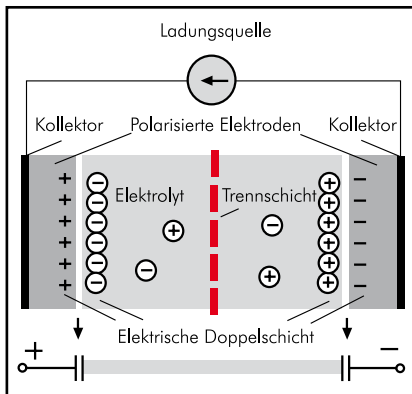
### Anwendungsgebiete

Geignet zur Unterstützung, Schonung oder als Ersatz für Batterien im Rahmen neuer Antriebstechnologien in der

- Automobilindustrie
- Bahntechnik
- Windkrafttechnik
- Unterbrechungsfreien Stromversorgung

### Aufbau

#### Innerer Aufbau:



#### Umhüllung:

PU

#### Anschlüsse:

Schraubanschlüsse M8 x 12

#### Kenzeichnung:

Farbe: Schwarz. Aufdruck: Gold

1) Anforderungen:

$|\Delta C/C_N| \leq 30\%$ ,  $ESR \leq 2$ -facher spezifischer Grenzwert,  $I_{leak} \leq 2$ -facher Anfangswert.

2) Testbedingungen:

$|\Delta C/C_N| \leq 30\%$ ,  $ESR \leq 2$ -facher spezifischer Grenzwert,  $I_{leak} \leq 2$ -facher Anfangswert  
(Zyklen: Ladung auf  $U_R$ , 30 s Ruhe, Entladung auf  $U_R/2$ , 30 s Ruhel.)

### Technische Angaben

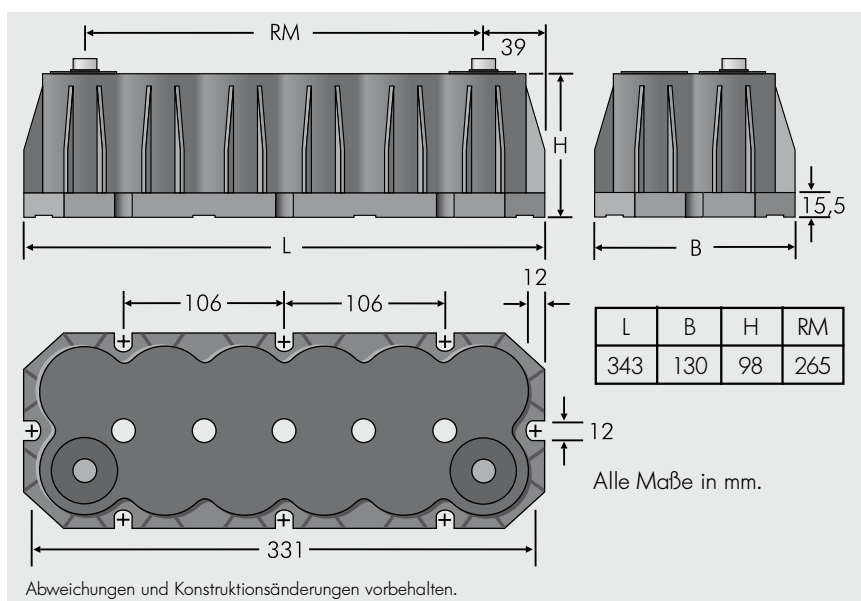
|  |           |                   |
|--|-----------|-------------------|
| <b>Kapazität:</b>                          | $C_N$     | <b>55 F</b>       |
| <b>Kapazitätstoleranz:</b>                 | -         | $\pm 20\%$        |
| <b>Betriebsspannung:</b>                   | $U_R$     | 28 V              |
| <b>Betriebsstrom:</b>                      | $I_C$     | 400 A             |
| <b>Pulsstrom:</b>                          | $I_P$     | bis 1400 A        |
| <b>Innenwiderstand:</b>                    | $R_{DC}$  | 14 m $\Omega$     |
| <b>Max. Energie: <math>\pm 20\%</math></b> | $E_{max}$ | 22 kJ             |
| <b>Arbeitstemperatur:</b>                  | $T_{op}$  | -30° C ... +65° C |
| <b>Lagertemperatur:</b>                    | $T_{st}$  | -40° C ... +70° C |
| <b>Gewicht:</b>                            | m         | 3400 g            |
| <b>Volumen:</b>                            | V         | 3,0 l             |

### Weitere Angaben

|                           |   |         |
|---------------------------|---|---------|
| <b>Gehäuse:</b>           | - | PU      |
| <b>Schraubanschlüsse:</b> | - | M8 x 12 |
| <b>Anziehdrehmoment:</b>  | - | 10 Nm   |

### Vergleichsangaben

|                          |        |           |
|--------------------------|--------|-----------|
| <b>Lebensdauer:</b>      |        |           |
| in Stunden <sup>1)</sup> | h      | 90 000    |
| in Zyklen <sup>2)</sup>  | Zyklen | 500 000   |
| <b>Energiedichte:</b>    |        |           |
| gravimetrisch            | $E_d$  | 1,5 Wh/kg |
| volumetrisch             | $E_v$  | 1,85 Wh/l |



## Doppelschicht-Kondensatoren Modul mit sehr hoher Kapazität

### Spezielle Eigenschaften

- Speicherkondensatoren-Modul mit sehr hoher Kapazität von 200 F bei einer Nennspannung von 14 V-
- Entladestrom bis 2400 A
- Wartungsfrei
- Kaskadiert
- Aktiv symmetriert
- Konform RoHS 2002/95/EC

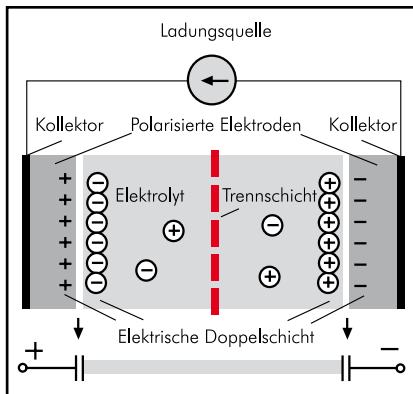
### Anwendungsgebiete

Geeignet zur Unterstützung, Schonung oder als Ersatz für Batterien im Rahmen neuer Antriebstechnologien in der

- Automobilindustrie
- Bahntechnik
- Windkrafttechnik
- Unterbrechungsfreien Stromversorgung

### Aufbau

#### Innerer Aufbau:



#### Umhüllung:

PU

#### Anschlüsse:

Schraubanschlüsse M8 x 12

#### Kenzeichnung:

Farbe: Schwarz. Aufdruck: Gold

1) Anforderungen:

$|\Delta C/C_N| \leq 30\%$ ,  $ESR \leq 2$ -facher spezifischer Grenzwert,  $I_{leak} \leq 2$ -facher Anfangswert.

2) Testbedingungen:

$|\Delta C/C_N| \leq 30\%$ ,  $ESR \leq 2$ -facher spezifischer Grenzwert,  $I_{leak} \leq 2$ -facher Anfangswert (Zyklen: Ladung auf  $U_R$ , 30 s Ruhe, Entladung auf  $U_R/2$ , 30 s Ruhe).

### Technische Angaben

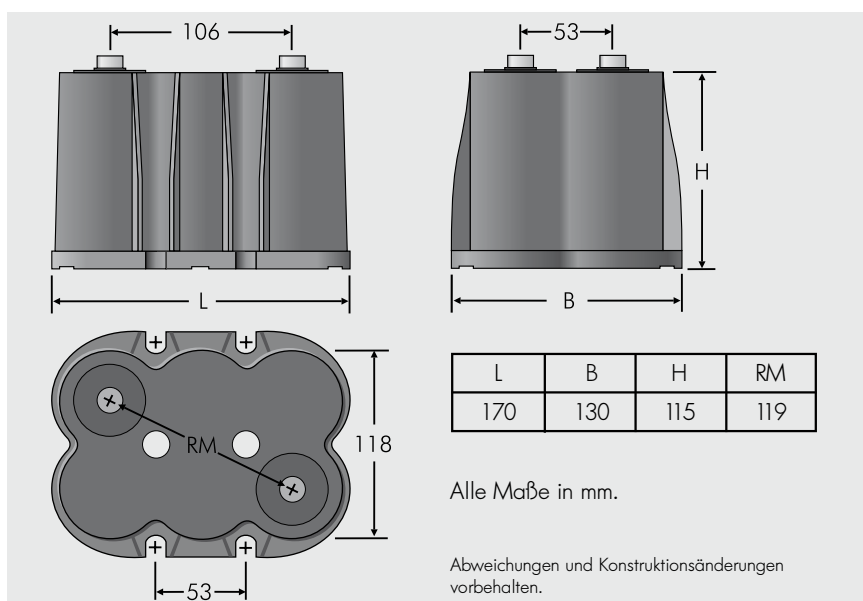
|  |           |                   |
|--|-----------|-------------------|
| <b>Kapazität:</b>                          | $C_N$     | <b>200 F</b>      |
| <b>Kapazitätstoleranz:</b>                 | -         | $\pm 20\%$        |
| <b>Betriebsspannung:</b>                   | $U_R$     | 14 V              |
| <b>Betriebsstrom:</b>                      | $I_C$     | 650 A             |
| <b>Pulsstrom:</b>                          | $I_P$     | bis 2400 A        |
| <b>Innenwiderstand:</b>                    | $R_{DC}$  | 14 m $\Omega$     |
| <b>Max. Energie: <math>\pm 20\%</math></b> | $E_{max}$ | 20 kJ             |
| <b>Arbeitstemperatur:</b>                  | $T_{op}$  | -30° C ... +65° C |
| <b>Lagertemperatur:</b>                    | $T_{st}$  | -40° C ... +70° C |
| <b>Gewicht:</b>                            | m         | 2200 g            |
| <b>Volumen:</b>                            | V         | 2,2 l             |

### Weitere Angaben

|                           |   |         |
|---------------------------|---|---------|
| <b>Gehäuse:</b>           | - | PU      |
| <b>Schraubanschlüsse:</b> | - | M8 x 12 |
| <b>Anziehdrehmoment:</b>  | - | 10 Nm   |

### Vergleichsangaben

|                          |        |           |
|--------------------------|--------|-----------|
| <b>Lebensdauer:</b>      |        |           |
| in Stunden <sup>1)</sup> | h      | 90 000    |
| in Zyklen <sup>2)</sup>  | Zyklen | 500 000   |
| <b>Energiedichte:</b>    |        |           |
| gravimetrisch            | $E_d$  | 2,5 Wh/kg |
| volumetrisch             | $E_v$  | 2,5 Wh/l  |

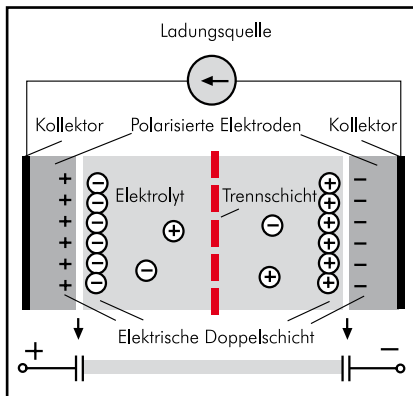


# Technische Daten und Anwendungsbeispiele von WIMA Doppelschicht-Kondensatoren



## Konstruktionsprinzip

Der technische Aufbau eines Doppelschicht-Kondensators kann vereinfacht als Plattenkondensator verstanden werden, bei dem es hauptsächlich darauf ankommt, die Elektroden mit größter Oberfläche auszulegen. Dafür ist Aktivkohle bestens geeignet, da sie Kapazitäten bis zu 100 F/g bezogen auf die Aktivmasse einer Elektrode ermöglicht. Als Elektrolyt, das sich als leitende Flüssigkeit zwischen den Elektroden befindet, wird in wässrigem oder organischem Lösungsmittel gelöstes Leitsalz eingesetzt, das Spannungen von 2,5V anzulegen gestattet.



Schematisches Prinzip des WIMA Doppelschicht-Kondensators

Bei Anlegen einer Spannung werden dissoziierte Moleküle des Elektrolyts mit einem Abstand von ein paar Angström als Kationen bzw. Anionen an die kohlebeschichteten Elektrodenoberflächen angelagert und erzeugen die sogenannte Doppelschicht. Die enorme Oberfläche der Elektrode schlägt sich gemäß der Formel

$$C = \epsilon \cdot \frac{\text{Fläche}}{\text{Abstand}}$$

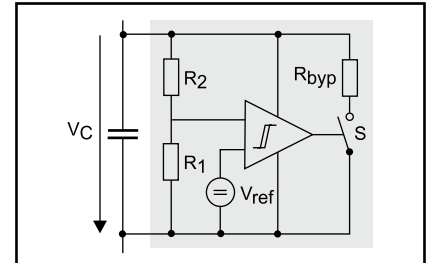
in einer sehr großen Kapazitätsausbeute nieder. Bildlich gesprochen, lässt sich mit der inneren Oberfläche des Doppelschicht-Kondensators ein Fußballfeld auslegen.

Eine durchlässige Membran als Trennschicht, Separator genannt, verhindert einen Kurzschluss zwischen den beiden Elektroden und beeinflusst die Eigenschaften des Kondensators nachhaltig. Eine Ladung oder Entladung des Kondensators ist mit einer Umbildung der Schichten im elektrischen Feld und somit der Bewegung der Ladungs-

träger im Lösungsmittel, auch durch die Trennschicht hindurch, verbunden, was der wesentlichste Grund für die derzeit begrenzte Betriebsspannung von max. 2,5V und den steil abfallenden Frequenzgang der Kapazität von Doppelschicht-Kondensatoren ist.

## Kaskadierte SuperCap Module

Mehrere SuperCap-Einheiten können durch Reihen- oder Parallelschaltung (Kaskadierung) zu riesigen Kapazitäten gewünschter Nennspannung aufgebaut werden. Bei der Kaskadierung darf die Spannung der einzelnen Zellen 2,5V jedoch nicht überschreiten (Zersetzung des Elektrolyts!). Serienschaltungen müssen daher generell symmetriert werden, da eine eventuell temperaturbedingt leicht unterschiedliche Alterung der Einzelzellen mit der Zeit unterschiedliche Kapazitäten und somit unterschiedliche Spannungsfälle an der Zelle zur Folge haben kann. Die Symmetrierung wird werkseitig in das Modul eingebaut. Sie kann dort, wo man zusätzliche Verluste als Kettenstrom durch die Widerstände von der Anwendungsseite her tolerieren kann, passiv und kostengünstig durch einfache Widerstände geschehen. Sie kann auch aktiv geschehen, indem man die einzelnen Zellen individuell mittels einer Referenzquelle auf Potenzial hält. Das heißt, bei beginnender Überladung der Einzelzellen, die mittels einer Komparatorschaltung erkannt wird, wird über einen Bypass-Widerstand eine individuelle Entladung eingeleitet. Ein aktiver Ausgleich erfolgt weitgehend verlustfrei, im Wesentlichen bleibt nur der Leckstrom der Zellen übrig.

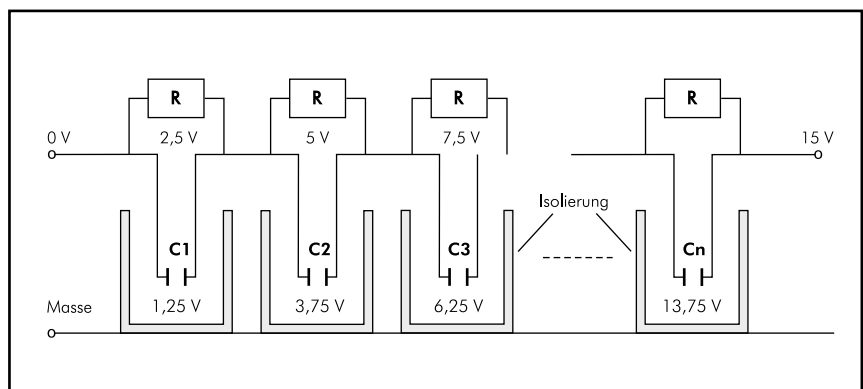


Aktive Symmetrierung.

Komparator vergleicht Spannungsfall am Kondensator mit Referenzquelle und öffnet Schalter zur Entladung über Bypass-Widerstand bis die Überspannung abgebaut ist.

## Lebensdauer

Die physikalisch unvermeidliche Alterung von Doppelschicht-Kondensatoren folgt der auch bei anderen Bauteilen beobachtbaren logarithmischen Abhängigkeit von der angelegten Spannung sowie von der vorherrschenden Temperatur (Arrhenius-Verhalten). Jedoch wurde durch laufende Studien erreicht, dass die WIMA-Produkte bezüglich ihrer Lebensdauer ein deutlich verbessertes Verhalten zeigen. Verantwortlich hierfür ist der laserverschweißte, hermetisch dichte Aufbau der Zelltypen im metallischen Gehäuse. Aus der Umgebung kann nichts eindringen, sie trocknen nicht aus und vertragen auch eine gewisse wärmebedingte Ausdehnungsbewegung. Erst durch diese Innovation kann von einer langjährigen wartungsfreien Anwendung gesprochen werden. Bei sachgerechter Anwendung erreichen WIMA SuperCaps eine Lebensdauer von mehr als 10 Jahren

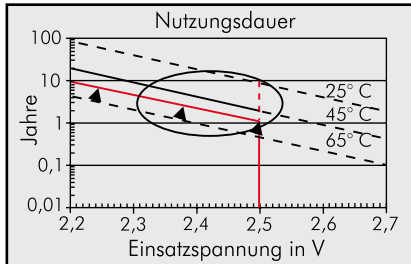


Passive Symmetrierung.

Ohne Widerstand: U umgekehrt proportional zu C - lokale Überspannung kann schnell entstehen  
Mit Widerstand: U proportional zu R - Spannung ist fixiert

## Technische Daten und Anwendungsbeispiele von WIMA Doppelschicht-Kondensatoren

und verkraften problemlos über 500 000 Lade-/Entladezyklen, wobei der Wirkungsgrad deutlich über 90% liegt.



Lebenserwartung der WIMA SuperCaps

### Vorteile im Vergleich zu anderen Energiespeicherlösungen

Im Vergleich zu anderen Energiespeicherlösungen zeichnen sich WIMA SuperCaps aus durch:

- **Niedrigen Innenwiderstand (unter 1/10 des üblichen Batteriewertes)**
- **Freisetzung von hohen Strömen (10 bis 100 mal höher als bei Batterien)**
- **Wartungsfreien Betrieb**
- **Keine Gefahr der Zerstörung durch Tiefentladung**
- **Hohe Lebensdauer**
- **Einsatzmöglichkeit in isolierten Systemen oder unzugänglichen Gebieten**
- **Verhältnismäßig niedriges Gewicht**

Der WIMA Doppelschicht-Kondensator ist im Wesentlichen da von Nutzen, wo hohe bis höchste Ströme - nicht in reinem Wechselbetrieb - fließen. Indem er den Vorteil des Kondensators als schnellen Stromlieferanten mit dem der Batterie als nennenswerten Energiespeicher vereinigt, stellt er ein Bindeglied zwischen Batterie und herkömmlichem Kondensator dar.

|                      | Standard Kondensator          | SuperCap                                     | Batterie  |
|----------------------|-------------------------------|--|-----------|
| Kapazität pro Fläche | < 1 $\mu\text{F}/\text{cm}^2$ | 1000 000 $\mu\text{F}$ (1 F/ $\text{cm}^2$ ) |           |
| Energiedichte        | < 0,01 Wh/kg                  | < 10 Wh/kg                                   | 100 Wh/kg |
| Leistungsdichte      | < 0,1 kW/kg                   | > 1 kW/kg                                    | 0,1 kW/kg |

Konventioneller Kondensator, Doppelschicht-Kondensator und Batterie im Vergleich

### Anwendungsbeispiele

Im Allgemeinen werden Doppelschicht-Kondensatoren zur Spannungsstützung, zur Schonung oder als Ersatz für herkömmliche Batterie- oder Akkulösungen eingesetzt. Die typische Anwendung ist die schnelle Bereitstellung von mehreren 100 A bis 1000 A im Gleichstrombetrieb.

### Schlupfsteuerung in der Windkraft

In größeren Windkraftanlagen kommt eine Schlupfsteuerung (Pitch-Control) für jedes Rotorblatt zum Einsatz. Diese ändert den Anstellwinkel des Rotorblatts und beeinflusst so die Rotationsgeschwindigkeit. Die Pitch-Antriebe sind netzunabhängig ausgelegt und nutzen im Falle von nicht hydraulisch arbeitenden Systemen die in Batterien oder SuperCaps gespeicherte elektrische Energie. Die Anforderungen sind hoch: über Winter herrschen in der Gondel oft Temperaturen um  $-40^\circ\text{C}$  und im Sommer werden bei Betrieb schnell über  $+60^\circ\text{C}$  erreicht. Die für das Losbrechmoment z. B. von 3 kW-Motoren nötige Stromstärke von über 200 A macht Batterien unter den beschriebenen Umgebungsbedingungen große Probleme. Ihre kurze Lebensdauer und der hohe Wartungsaufwand ist unbefriedigend. Bei modernen Lösungen mit Doppelschicht-Kondensatoren hingegen, wird bei sorgfältiger Dimensionierung mindestens eine 10 jährige wartungsfreie Periode der elektrischen Speicher erreicht.

### Start von Mikroturbine, Brennstoffzelle oder Dieselgenerator als Stromaggregat

Für mit Erdgas betriebene Mikroturbinen zur Erzeugung von elektrischer Energie auf Ölplattformen, teilweise auch für Gaspumpstationen, sensible Bereiche wie Krankenhäuser und große Fabriken, ist der Einsatz von SuperCap-Modulen anstatt der üblichen Starter-Batterie (nach Erfahrungswerten ist alle 2 - 3 Jahre ein Austausch nötig) das Mittel der Wahl. Typisch werden ca. 300 kJ elektrischer Energie bei 240 V Systemspannung für eine Startzeit der Turbine von 10 - 20 s Dauer benötigt.

Spezielle Notstromaggregate auf Basis einer Brennstoffzelle benötigen zur Anlaufüberbrückung ca. 100 kJ gespeicherte elektrische Energie, die z.B. nach einem Netzausfall notwendig ist, um die Brennstoffzelle hochzufahren. Die Überbrückungszeit beträgt etwa 20 s. Wegen der System-

spannung von 48 V werden 22 Zellen von 1200 F auf die Sollspannung im Modul verschaltet, um den Batterieblock zu ersetzen. Zum Start von Generatoren für die Energieversorgung autarker Telekommunikationsstationen, die dezentral, aber mit Treibstoff versorgt, in einem dichten Netz aufgestellt sind, bieten sich die neuen Doppelschicht-Kondensatoren an. Derzeit laufen Tests mit 14 V-Serienschaltungen (70 - 100 F), die wartungsfrei ihren Dienst versehen sollen. Nach dreimaligem Start in Folge, wobei abhängig von der Größe des Motors jeweils ca. 300 - 500 A fließen, ist ihre Energie verbraucht, der gestartete Generator aber versorgt sie umgehend erneut mit elektrischer Energie.

### Start sehr großer Motoren für Bahn, Schiff oder LKW

Der Start von V16- oder V24- Zylindermotoren (6000 kW), beispielsweise für den Antrieb des Generators dieselektrischer Bahnen oder der Start eines Schiffsdiesels erfordert deutlich höhere Ströme. 1300 A sind hier durchaus üblich, die von Kondensatoreinheiten mit 450 - 600 F bei 28 V bereitgestellt werden können. Oft wird die Kurbelwelle durch zwei Anlasser (z. B. je 7 kW mit Zwangsabschaltung nach 9 s für 2 min) von beiden Seiten gedreht, um eine Torsion der großen Masse zu verhindern. Mit einem von Batterien unerreicht niedrigen Gesamtinnenwiderstand von unter 3 m $\Omega$  punktet hier die Kondensatorlösung.

### Rekuperation von Bremsenergie

Eine möglichst hohe Rückspeisung der Bremsenergie ist in Zeiten der Ressourcenknappheit der Brennstoffe eine herausfordernde Aufgabe. Während die Rückspeisung im elektrifizierten Bahnbetrieb oder in Hybridbussen schon lange praktiziert wird, ist für nicht netzgebundene Fahrzeuge die Energierückspeisung auf die Bordbatterie lediglich zu einem niedrigen Prozentsatz gelungen. Der ursächliche Grund ist die Ladestrombegrenzung von Batterien, wobei die rückzuspeisende Energie im Millisekunden-Bereich mit sehr hohen Strömen anfällt. Soll z. B. 1 to von 100 km/h auf 0 km/h entschleunigt werden, so werden 400 kJ frei, für 10 to jeweils 10 mal soviel. Bisher fehlte es an geeigneten hochstromtauglichen Speichern (Richtwerte: 500 A - 1000 A). Das ist die Domäne der neuen SuperCaps, da auch modernste Batteriesysteme hierzu in absehbarer Zeit nicht in der Lage sein werden.