

# «Установил и забыл...»

## Силовые конденсаторы NCL

**NCL — частная английская компания, производящая современные конденсаторы для всевозможных сфер применения в силовой электронике. Предприятие стабильно развивается и имеет хорошую репутацию в мире благодаря как высокому качеству продукции, так и инновациям. Компания находится в центре развития технологий изготовления конденсаторов, занимая одно из лидирующих положений на рынке.**

**Алексей Чекмарев**

chekmarev@fmccrustel.ru

**Инна Корзина**

innak@fmccrustel.ru

### Технология

Компания NCL использует широкий спектр диэлектрических и пропиточных материалов, каждый из которых тщательно подобран для обеспечения оптимальных эксплуатационных характеристик в соответствии с требованиями заказчика. В большинстве случаев используются металлизированные диэлектрики, однако для больших токов в качестве электрода применяется алюминиевая фольга.

Новые технологии на основе металлизированной пленки позволяют сократить вес и объем изделий. В конденсаторах NCL используется специальная технология металлизации, позволяющая уменьшить потенциальные проблемы, вызванные самовосстановлением, которое может происходить время от времени при работе конденсатора в условиях перепадов напряжений. Компания NCL применяет специальные технологии, устраняющие негативное воздействие процесса самовосстановления и обеспечивающие, тем самым, гарантированную надежность и эксплуатацию без технических проблем.

### Фильтровые конденсаторы

Эти конденсаторы выпускаются в двух типах корпусов: герметичный металлический (алюминиевый, стальной или нержавеющей) корпус или корпус на основе негорючего эпоксидного компаунда.



Рис. 1. Фильтровые конденсаторы

В любом случае, в качестве диэлектрика, заполняющего внутреннее пространство, используется специальный гель. Его отличает нетоксичность, высокая температура воспламенения, отсутствие рассеяния тепла, текучести и связанных с этим проблем определения утечки, а также исключительная стойкость (по сравнению с другими наполнителями, например, рапсовым маслом, для которого характерна деградация металлизированного диэлектрика после 10 лет эксплуатации). Такой наполнитель в первом приближении сравним с полипропиленом — он тоже имеет хорошее распределение перенапряжения по диэлектрической системе.

Для подключения предусмотрены выводы на фарфоровых изоляторах, тип которых можно выбрать. По запросу заказчика возможна установка монтажных кронштейнов, а также других приспособлений для надлежащей установки конденсатора. На поверхность корпуса путем травления наносится защитное покрытие, а окончательная обработка производится специальной эмалью.

Применяемые технологии обеспечивают возможность установки конденсаторов в электротяговые установки с жесткими требованиями по механическим воздействиям и действию окружающей среды. По специальному заказу возможен выбор типов силовых выводов.

В соответствии с техническим заданием на изготовление конденсатора предприятие может предусмотреть установку клапана избыточного давления. Он требуется только в определенных условиях эксплуатации или там, где имеется вероятность перегрузки по току и короткое замыкание конденсатора, что может привести к образованию избыточного давления внутри прибора, вызывающего повреждение корпуса.

Успешная эксплуатация этих конденсаторов зависит от способа охлаждения, будь то естественная конвекция или принудительная вентиляция. Эти условия определяют мощность данного типа конденсатора в соответствии с поддерживаемой тепловой стабильностью. Обычно у конденсаторов мощность снижается при воздействии конкретных преобладающих внешних условий эксплуатации. Ожидаемый срок эксплуатации зависит от этих параметров и обсуждается на этапе формирования технического задания.

**Таблица 1.** Основные технические характеристики фильтровых конденсаторов NCL

Значение емкости	От 210 до 11150 мкФ
Погрешность	±10%, ±5% по запросу
Допустимое постоянное напряжение (UN)	От 1200 до 4400 В
Допустимый ток (Imax)	420 А. Для номиналов свыше 250 А RMS изготавливаются 4 вывода
Температура эксплуатации	-40...+70 °С
Температура хранения	-40...+85 °С
Конструкция	Соответствует стандарту IEC 61071 для применения в силовой электронике, а также IEC 61881 (силовые конденсаторы для подвижного состава)
Размеры	Четыре типоразмера с меняющейся высотой 340×140, 340×165, 340×175 и 400×140 мм. По запросу возможны и другие типы конструкции
Выводы	Обычные керамические изоляторы с подпружиненными или лепестковыми контактами. Низкопрофильные синтетические изоляторы для низкоиндуктивных сфер применения
Ориентация в пространстве	Любая

Параметры, приведенные в таблице 1, применимы к стандартному ряду конденсаторов. Они не должны рассматриваться как предельные значения и лишь демонстрируют свойства данного типа продукции. Понятно, что большинство сфер применения требует специфических значений емкости и напряжения наряду с габаритными ограничениями, которые выходят за рамки стандартного ряда продукции. Компания NCL располагает опытным персоналом, способным разработать конструкцию для любых нестандартных целей.

### Фильтровые конденсаторы для IGBT

Для эффективной эксплуатации IGBT требуются конденсаторы с исключительно низкой индуктивностью. В компании NCL разработан ряд таких конденсаторов, в которых используется новейшая система с сегментированным металлизированным диэлектриком со специальными вставками. Сегментация позволяет достичь более высоких уровней напряжений по сравнению с обычной пленкой, а также обеспечить улучшенную способность к самовосстановлению и стойкость к высоким температурам. Вставки препятствуют распространению энергии, выделяющейся в процессе



**Рис. 2.** Конденсаторы для фильтров IGBT

**Таблица 2.** Основные технические характеристики IGBT-фильтров

Емкость	От 72 до 1450 мкФ
Макс. повторяющееся напряжение (UN)	От 900 до 4400 В
Номинальный ток (Imax)	В зависимости от требований заказчика
Частота	В зависимости от требований заказчика, обычно от 1 до 20 кГц
Рабочая температура окружающей среды	-40...+70 °С
Температура хранения	-40...+85 °С
Интернациональные стандарты	В соответствии с IEC 61071 и IEC 61881

самовосстановления. В соответствии с габаритными ограничениями этой сферы применения конденсаторов были проведены работы по оптимизации веса и объема данного типа продукции.

Фильтровые конденсаторы для IGBT разработаны для широкой сферы применения, включая преобразователи для электрической тяги: трамваев, троллейбусов, метрополитена, легкого метро и железнодорожного транспорта. Они характеризуются низкой индуктивностью и сопротивлением, благодаря чему соответствуют требованиям данных полупроводниковых приборов. В низковольтном варианте это конденсаторы сухого типа с огнеупорной смолой в качестве наполнителя. Для высоких напряжений применяется устойчивый биодеструкционный гель.

Эти конденсаторы могут поставляться в изолированных или металлических (алюминиевых, стальных или нержавеющей) корпусах, а также иметь низкопрофильные выводы или соединения из медных шин (то есть возможно прямое подключение к пластинчатым силовым шинам преобразователя). NCL производит большое количество типов конденсаторов для IGBT, среди которых заказчики смогут подобрать соответствующие их требованиям (табл. 2).

### Защитные конденсаторы для IGCT и GTO

Эти конденсаторы NCL разработаны для использования в агрегатах электрической тяги и статических приводов. Комбинация металлизированной полипропиленовой пленки и расширенных электродов из алюминиевой фольги со стабильным биодеструкционным



**Рис. 3.** Снабберные конденсаторы для IGCT и GTO

наполнителем обеспечивает исключительно длительный срок службы и надежную способность к самовосстановлению. Тангенс угла потерь имеет очень низкое значение (<0,0003 при 1 кГц), электроды из алюминиевой фольги обеспечивают превосходные тепловые характеристики.

В конденсаторах NCL для IGCT и GTO была применена прогрессивная полипропиленовая диэлектрическая система, обеспечивающая их работу в условиях высоких значений тока и выбросов напряжения. Основные преимущества этого типа продукции являются:

- устойчивость к большим броскам тока;
- низкая индуктивность;
- маленькие потери.

Корпусирование в огнеупорную и очень прочную механическую конструкцию позволяет использовать эти конденсаторы в преобразователях для подвижного состава, которые подвергаются вибрации и высоким эксплуатационным температурам. Предустановлены аксиальные выводы М8×8 мм, которые надежно припаяны к фольгированным электродам. На данный момент предприятием изготовлено более 75 тысяч единиц данной продукции, которая с успехом эксплуатируется уже более 20 лет по всему миру.

Параметры, приведенные в таблице 3, относятся к конденсаторам стандартного производственного ряда. Возможны и другие комбинации емкости, напряжения и размеров.

### Снабберные конденсаторы тиристорных

В технологии тиристорных снабберных конденсаторов, используемых главным образом в выпрямительных цепях, где имеет место дву-

**Таблица 3.** Основные технические характеристики защитных конденсаторов для IGCT и GTO

Параметры	Для IGCT	Для GTO
Емкость	От 0,25 до 4,0 мкФ	От 0,25 до 8 мкФ
Погрешность	±5%	
Класс напряжения (Udc)	От 2200 до 3300 В	От 900 до 3700 В
Макс. повторяющееся напряжение (UN)	От 3200 до 4800 В	От 1400 до 5500 В
Макс. неповторяющееся напряжение (Us)	От 4000 до 6000 В	От 1800 до 7200 В
Максимальный пиковый ток	От 2600 до 23500 А	От 700 до 8200 А
Тангенс угла потерь	<0,0003 при 1 кГц	
Номинальный ток	до 120 А RMS, зависит от емкости, напряжения и тепловых ограничений	
Эксплуатационная температура	-40...+70 °С	
Температура хранения	-40...+85 °С	
Соединения и момент затяжки	М6×6 мм латунное соединение с внутренней резьбой — 3 Нм М8×8 мм латунное соединение с внутренней резьбой — 6 Нм	
Стандарты	В соответствии с IEC 61071 и IEC 61881	



**Рис. 4.** Снабберные конденсаторы для тиристоров

направленное напряжение, традиционно используется пленочная или фольгированная витая конструкция, приспособленная к воздействию переменного напряжения.

Снабберные конденсаторы NCL подходят для широкого диапазона схемных решений инверторов и других преобразователей. В основном они используются для тиристорных выпрямительных схем, систем передачи постоянного тока и тягового оборудования. Опыт эксплуатации этих конденсаторов превышает 18 лет, так что можно с уверенностью говорить об их высокой надежности.

Эти металлизированные конденсаторы разработаны специально для применения в качестве тиристорных снабберов. Особое внимание уделено ограничению напряжения на уровне 250 В на секцию для предотвращения частичного разряда. Специальная диэлектрическая система гарантирует, что механизм самовосстановления не приведет к катастрофическим повреждениям. Кроме того, конструкция прибора способна выдерживать броски тока без долгосрочного разрушения. Эти конденсаторы обычно корпусируются в огнеупорную и прочную механическую конструкцию, что позволяет использовать их при повышенных уровнях вибрации и окружающей температуры в системах электрической тяги.

Основные характеристики этого типа конденсаторов приведены в таблице 4. Как и для снабберных конденсаторов для IGCT и GTO, эти параметры относятся к конденсаторам стандартного производственного ряда, одна-

**Таблица 4.** Основные характеристики снабберных конденсаторов для тиристоров

Емкость	От 0,22 до 2 мкФ
Погрешность	±5%
Класс напряжения (Udc)	От 1750 до 3500 В
Максимальное повторяющееся напряжение (UN)	От 2800 до 5600 В
Максимальное неповторяющееся напряжение (Us)	От 4100 до 8100 В
RMS напряжение (Umax)	От 1250 до 2500 В
Тангенс угла потерь	<0,0003 при 1 кГц
Номинальный ток	до 84 А RMS, зависит от емкости, напряжения и тепловых ограничений
Эксплуатационная температура	-40...+70 °С
Температура хранения	-40...+85 °С
Соединения и момент затяжки	M6×6 мм латунное соединение с внутренней резьбой — 3 Нм M8×8 мм латунное соединение с внутренней резьбой — 6 Нм
Стандарты	В соответствии с IEC 61071 и IEC 61881

ко возможны другие комбинации емкости, напряжения и размеров.

### Импульсные и разрядные конденсаторы

NCL является одним из ведущих производителей накопительных, импульсных и разрядных конденсаторов. Предприятие имеет многолетний опыт разработки конденсаторов для силовой электроники, используемый при производстве уникальных импульсных разрядных конденсаторов.

Эти конденсаторы разработаны для обеспечения требуемых условий эксплуатации от 100 до более чем 1 миллиона импульсных циклов в исключительных условиях регулирования, где достигается уровень энергии до 100 кДж на один конденсатор.

Технология гарантирует высочайшую плотность энергии, допустимую в диэлектрической системе. Накопительные конденсаторы NCL в основном производятся в стальных корпусах и с низкопрофильными выводами с изоляторами из композитных материалов, применяемыми для напряжений до 40 кВ постоянного тока и способными выдержать очень



**Рис. 5.** Конденсаторы NCL для применений с большой плотностью энергии

высокие импульсы разрядного тока. Доступны также многоюбочные керамические контактные изоляторы, способные удовлетворить требованиям по напряжению до 150 кВ постоянного тока.

Поскольку это специфический тип продукции, то на него не существует стандартного ряда. Для соответствия этой продукции требованиям заказчика производителю необходимо знать как минимум следующую информацию, которая может быть передана официальному дистрибьютору:

- Полная требуемая энергия.
- Емкость.
- Зарядное напряжение.
- Напряжение перед разрядом.
- Обратное напряжение.
- Пиковый ток.
- Ширина импульса и его форма.
- Требования к индуктивности.
- Повторяемость импульса.
- Ожидаемый срок службы.
- Любые габаритные ограничения.

Будучи успешным игроком на мировом рынке, компания NCL уделяет особое внимание постоянному улучшению производительности и эффективности производства. Предприятие позиционируется как гибкий производитель приборов для силовой электроники, технический уровень, качество продукции и техническая поддержка которого способны повысить конкурентоспособность заказчиков. Недаром лучшей характеристикой качества продукции стали слова одного из клиентов: «Установил и забыл, что такое проблемы с конденсаторами».