

Резисторы

для силовой электроники Danotherm

Мощные резисторы для различных применений в изделиях силовой электроники выпускаются рядом фирм, среди которых одно из ведущих мест занимает датская компания Danotherm. С начала XX в. фирма производит высококачественные надежные резистивные компоненты и системы для различных отраслей промышленности. В данной статье речь пойдет о не совсем обычных тормозных резисторах TERA, нашедших применение в силовых приводах с тяжелыми условиями эксплуатации.

Александр Савельев

asavelyev@west-l.ru

Чтобы удовлетворить современные требования, предъявляемые к приводной технике, большинство разработчиков для управления двигателями переменного тока используют схемы с частотно-регулируемым выходом. Когда необходимо изменить скорость или в результате торможения, например, идущего поезда, частота вращения двигателя становится больше, чем выходная частота частотного конвертера. В этом случае мотор работает как генератор и источник энергии, которая в большинстве случаев переходит в тепло через тормозной резистор.

То, как тормозной резистор себя ведет, определяется условиями работы двигателя. Как правило, он включается только на короткое время для того, чтобы погасить избыток энергии двигателя. В остальное время эта накопленная энергия отдается в виде тепла в окружающую среду. Такой прерывистый режим работы привода характеризуется временем активной работы (ON-time) и продолжительностью всего цикла (cycle duration). Продолжительность рабочего цикла рассчитывается как сумма времени, затраченного на торможение, и времени покоя.

Работа тормозного резистора состоит из серии подобных циклов. Если мы при компоновке изделия время торможения отнесем к определенному времени всего цикла работы, то получим относительную продолжительность цикла (cyclic duration factor). В течение периода покоя резистор охлаждается в зависимости от температуры окружающей среды, т. е. после определенного количества последовательных циклов резистор как бы адаптируется к некоей средней температуре. Данные параметры используются при расчетах конструкции тормозных резисторов, чтобы не допустить неприемлемого перегрева резистивных элементов.

Danotherm разработала для всех типов резисторов тепловые модели, с помощью которых можно

имитировать все возможные поведения нагрузки и, следовательно, рассчитать повышение температуры в активной зоне резистора. Результаты моделирования гарантируют надежную работу тормозного резистора при оптимальной конструкции.

Конструкция и характеристики

Резисторы TERA представляют собой наборную конструкцию из стальных пластин, активная зона в которых сформирована штамповкой в виде определенного извилистого рисунка (меандра). Для механической прочности продольные боковые стороны пластин укреплены, чтобы их можно было смонтировать в блок при помощи изолированных резьбовых болтов. Благодаря большой площади поверхности такая структура позволяет обеспечить особенно хорошее тепловыделение и поэтому подходит для тяжелых и продолжительных режимов работы. Кроме того, большая масса такого резисторного «пакета» допускает очень высокие импульсные нагрузки. В таблице 1 показаны электрические параметры одной ячейки TERA, а на рис. 1 представлены ее геометрические размеры.

Стальные нержавеющие пластины резисторов Danotherm, как уже отмечалось, штампуются в форме меандра. Такая конструкция позволяет достичь точного значения величины сопротивления. Различные формы выштамповки позволяют комбинировать ширину активной зоны и размера щелей, тем самым позволяя получать различные значения сопротивления для пластин одного и того же размера.

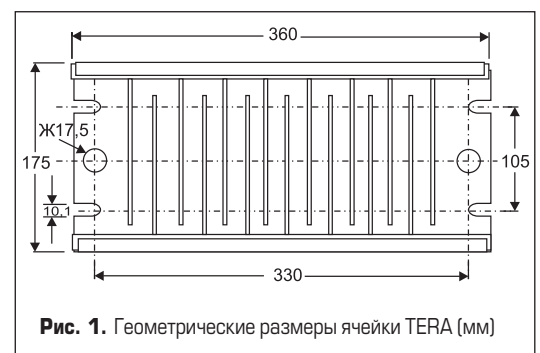
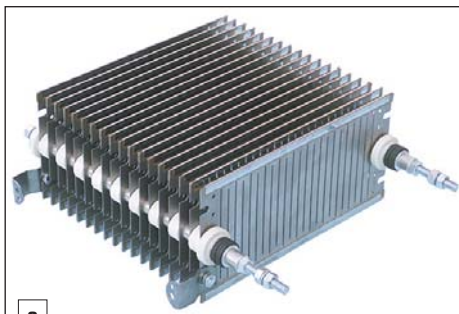


Рис. 1. Геометрические размеры ячейки TERA (мм)

Таблица 1. Электрические параметры ячейки TERA

Характеристики	HWS, нержавеющая сталь	HWS, хромо-никелевый сплав
Материал	X 10 CrAl 13	X 5 CrNi 189
Температурный коэффициент, 1/°C	0,00025	0,0009
Мощность для режима естественной конвекции, Вт	500	500
Мощность для режима принудительной вентиляции, Вт	1300	1300
Сопротивление при 20 °C, Ом	0,0088–3,58	0,0088–2,36



а



а

Рис. 2. Стандартная конструкция резисторного блока TERA: а) из десяти ячеек; б) из тридцати ячеек



а



б



в

Рис. 3. Блок TERA в различных исполнениях: а) IP00; б) IP20; в) IP23

Таблица 2. Стандартные типы резисторных блоков TERA

Тип	Количество ячеек на блок	Мощность, кВт для ON-time/cycle duration (длительность цикла 120 с)				В, мм	Т, мм	Н, мм	F, мм	Вес, кг
		100%	60%	40%	20%					
C13	10	5,0	7,0	10,0	16,0	390	500	500	380	20
C15	20	10,0	14,0	20,0	32,0	590	500	500	380	30
C17	30	15,0	21,0	30,0	48,0	800	500	500	380	35
C25	40	20,0	28,0	40,0	64,0	590	500	800	380	40
C27	60	30,0	42,0	60,0	96,0	800	500	800	380	65
C37	90	45,0	63,0	90,0	144,0	800	500	1100	380	90
C47	120	60,0	84,0	120,0	192,0	800	500	1400	380	125
C57	150	75,0	105,0	150,0	240,0	800	500	1700	380	150
C67	180	90,0	126,0	180,0	288,0	800	500	2000	380	170

Стандартные номиналы одной стальной ячейки TERA варьируются в пределах от 8,8 мОм до 3,58 Ом при мощности рассеивания примерно 500 Вт. Поэтому все возможные варианты сопротивлений могут быть реализованы быстро и легко. Материал резисторов можно выбрать между стандартной нержавеющей сталью или высокотехнологичным хромо-никелевым сплавом. Чтобы еще более увеличить прочность ячейки TERA, пластина по длинным сторонам усилена стальной скобой с изоляцией из слюды. Такая конструкция обеспечивает большую площадь поверхности, а с учетом того, что активная зона резистора имеет непосредственный контакт с окружающей средой, хорошую теплоотдачу. Резисторы TERA характеризуются жесткой и прочной конструкцией, отлаженной технологией производства и, как следствие, хорошим соотношением цена/качество. На рис. 2 показан блок TERA, собранный из восемнадцати (рис. 2а) и тридцати (рис. 2б) ячеек.

В целях поддержки различных классов защиты резисторные блоки TERA встраиваются в корпус, изготовленный из оцинкованной листовой стали. Конструкция корпуса предполагает как естественную конвекцию, так и принудительную вентиляцию. На рис. 3 представлены стандартные конструкции резисторных блоков TERA.

Основные применения:

- тормозные резисторы в частотных приводах средней и большой мощности (от 3 кВт до нескольких мегаватт);
- заземляющие резисторы в высоковольтных распределительных сетях;
- разрядные резисторы для аккумуляторных установок.

Преимущества:

- высокие технические характеристики в импульсном режиме;
- возможность эффективного принудительного охлаждения для повышения мощности рассеивания;
- прочная стальная конструкция;
- простая установка и подключение.

Стандартные типы резисторных блоков TERA и их габаритные размеры представлены в таблице 2 и на рис. 4.

Основные технические параметры:

- диапазон сопротивлений резисторного блока 0,1–50 Ом;
- допустимое отклонение от номинала ±10%;
- диапазон номинальной мощности P_n 0,5–15 кВт/модуль;
- диэлектрическая прочность изоляции ~3500 В;
- рабочее напряжение ~1000/1100 В;
- сопротивление изоляции не менее 20 мОм;
- температура окружающей среды -40...+90 °С;
- импульсная нагрузочная способность P_n×10/10 с;
- максимальная температура нагрева поверхности +850 °С;
- класс защиты IP00–IP23.

Несмотря на то, что резисторы являются одними из самых «древних» пассивных компонентов, а резистивное (реостатное) торможение в наш век тотальной экономии электроэнергии может показаться чуть ли не анахронизмом, они до сих пор активно применяются в силовых приложениях. Скорее всего, им еще долго не будет альтернативы — особенно там, где необходимо за короткое время погасить значительную избыточную мощность, используя ее не иначе как для обогрева вселенной.

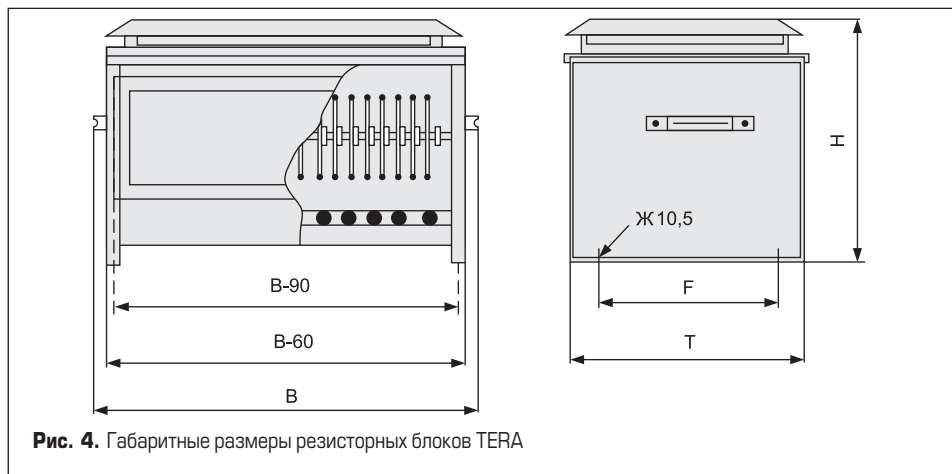


Рис. 4. Габаритные размеры резисторных блоков TERA