

Изолированные измерительные преобразователи тока

В. Масалов, к. ф.-м. н.¹

УДК 621.311.69 | ВАК 2.2.2

ООО «НТЦ АКТОР» специализируется на разработке и производстве источников электропитания переменного и постоянного тока, регистраторов электрических величин, а также испытательного оборудования, воспроизводящего виды и значения параметров качества электроэнергии различных систем электроснабжения. В связи с перебоями поставок датчиков тока компании LEM группе разработчиков предприятия была поставлена задача спроектировать измерительные преобразователи для их замены. Изолированные измерительные преобразователи тока широко применяются в различных отраслях промышленности, в частности в электроприводах, источниках бесперебойного питания, накопителях электрической энергии, системах контроля АКБ и др. В статье рассмотрены ключевые особенности гальванически изолированных измерительных преобразователей тока серии ДТК, разработанных «НТЦ АКТОР».

В качестве аналогов были выбраны датчики компании LEM, рассчитанные на токи 100 и 500 А, как самые применяемые в продукции, выпускаемой «НТЦ АКТОР». Разработанные устройства полностью аналогичны датчикам LEM, а по некоторым параметрам превосходят их. Они позволяют проводить измерения тока как на проводе, так и на силовой шине в широком диапазоне. Преобразователи могут использоваться для работы как с переменными, так и с постоянными токами в диапазоне от десятков ампер до нескольких тысяч ампер. В настоящее время компания успешно освоила производство преобразователей серии ДТК.

В измерительных преобразователях тока серии ДТК применяются датчики на основе эффекта Холла. Магнитное поле, создаваемое первичным током I_p , компенсируется таким же магнитным полем, создаваемым током во вторичной обмотке. Вторичный (компенсирующий) ток генерируется с помощью элемента Холла и электроники датчика. Этот ток является пропорциональной копией первичного тока. Магнитный поток во встроенном магнитопроводе близок к нулю, что позволяет получить линейность преобразования измеряемого тока в широком динамическом диапазоне. Компенсирующий вторичный ток прикладывается к внешнему нагрузочному резистору, что позволяет преобразовать измеряемый ток I_p в выходное напряжение. Изменяя величину нагрузочного резистора можно подобрать коэффициент преобразования,

необходимый для применения преобразователей ДТК в конкретном устройстве.

Основные характеристики датчиков тока серии ДТК представлены в табл. 1, а внешний вид, габаритные размеры и схемы преобразователей – на рис. 1 и 2.

Дополнительно были исследованы рабочие характеристики преобразователей ДТК-500-1А в режиме измерения постоянного тока и в динамическом режиме.

Данные измерений статических передаточных характеристик в рабочем диапазоне 0–1000 А преобразователя ДТК-500 приведены на рис. 3. Нелинейность преобразования в рабочем диапазоне 50–1000 А не превышает 1% и увеличивается до 2% при снижении минимального рабочего тока до 2 А.

Также были проведены измерения динамических характеристик ДТК-500 в режиме большого сигнала (рис. 4). Входной ток I_{in} подавался на токовую обмотку, состоящую из 100 витков. Индуктивность обмотки составляла 0,65 мГн.

Измерение тока в первичной цепи проводилось с использованием токового трансформатора DS1100L. Вторичная цепь токового трансформатора нагружалась на резистор 100 Ом. Таким образом, с учетом коэффициента трансформации, равного 1000, и 100 витков токовой обмотки, выходной сигнал токового трансформатора составил 1 В на $I_{in} = 1000$ А (ток, приведенный ко входу ДТК-500). Ток выход ДТК-100 был нагружен на резистор 5 Ом. Таким образом, с учетом коэффициента преобразования 5000, амплитуда выходного сигнала ДТК-500 составила $V_{out} = 1$ В на $I_{in} = 1000$ А.

¹ ООО «НТЦ АКТОР», инженер.

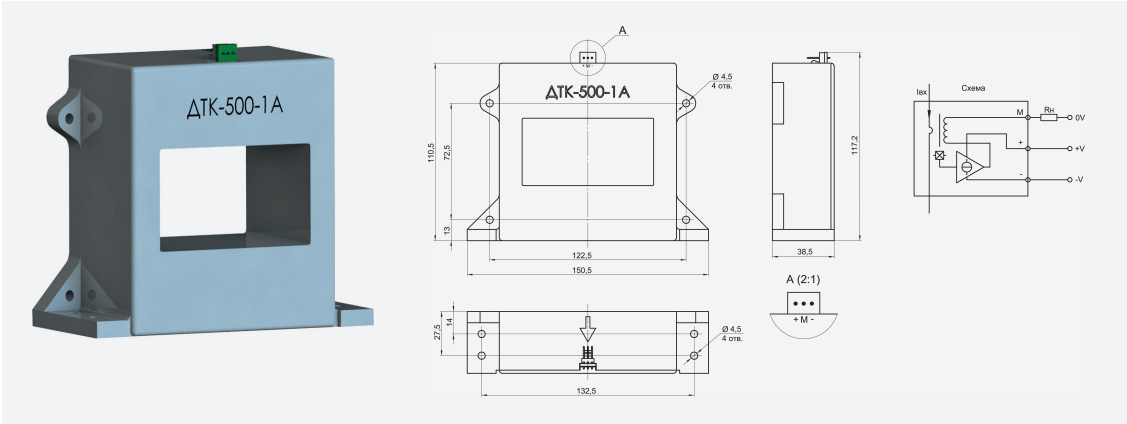


Рис. 1. Внешний вид, габаритные размеры и схема измерительного преобразователя ДТК-500-1А

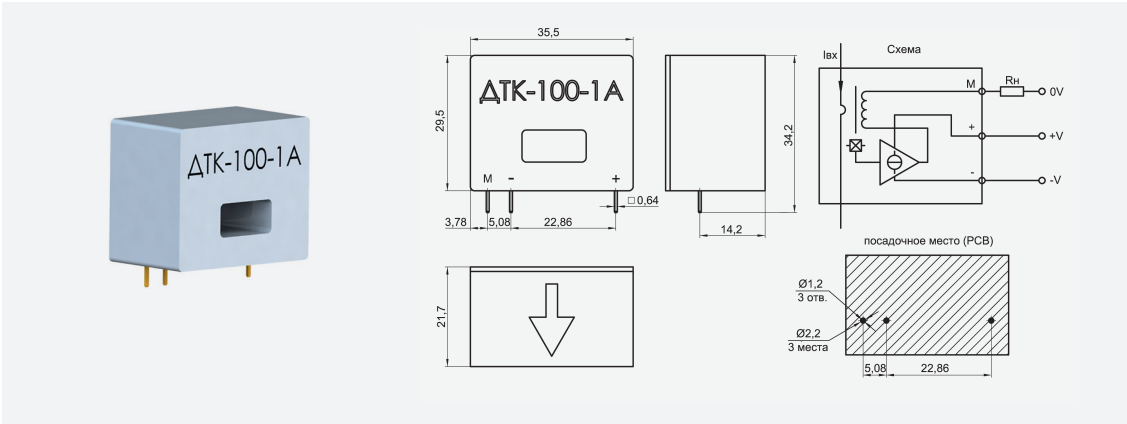


Рис. 2. Внешний вид, габаритные размеры и схема измерительного преобразователя ДТК-100-1А

Таблица 1. Основные характеристики датчиков тока ДТК-500-1А (аналог LTC 500-SF) и ДТК-100-1А (аналог LA 100-P)

	ДТК-500-1А	ДТК-100-1А
Электрические характеристики		
Номинальное эффективное значение измеряемого тока	500 А	100 А
Диапазон измеряемых токов, амплитудное значение	0...±1200 А	0...±170 А
Коэффициент преобразования	1 : 5000	1 : 2000
Номинальное эффективное значение выходного тока	100 мА	100 мА
Максимальное амплитудное значение выходного тока, не менее	240 мА	170 мА
Напряжение питания	±15...±18 В	±12...±15В
Точностные и динамические характеристики		
Начальный выходной ток при 25 °С при нулевом входном токе, не более	±0,1 мА	±0,1 мА
Погрешность преобразования при 25 °С тока с эффективным значением 500 А, не более	1,5 А	
Погрешность преобразования при 25 °С тока с эффективным значением 100 А, не более		0,3 А
Температурный дрейф в диапазоне 25...85 °С, не более	0,25 мА	0,25 мА
Время спада импульсного тока величиной 70 А по уровню 0,5, не более	20 мкс	20 мкс
Температура эксплуатации	-40...85 °С	-40...85 °С
Электрическая прочность изоляции	5 кВ	3 кВ

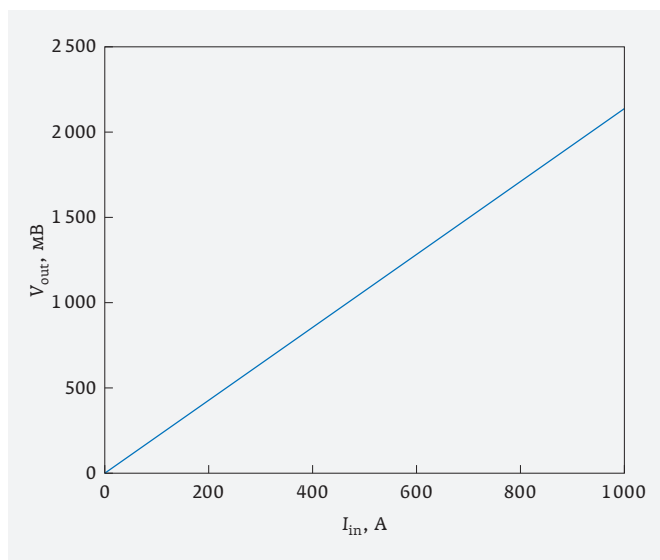
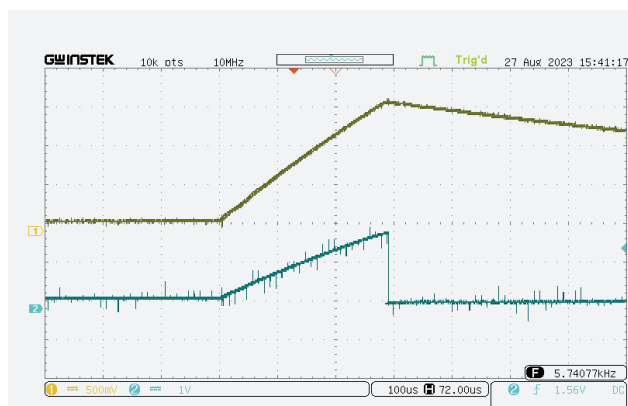


Рис. 3. Данные измерения статических передаточных характеристик ДТК-500-1А

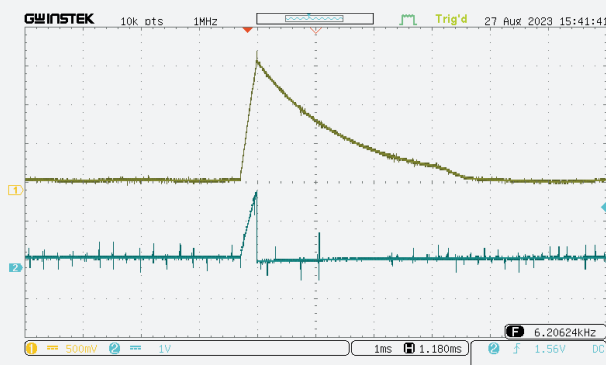
На рис. 4а амплитуда входного тока (нижняя осциллограмма) $I_{in} \approx 1700$ А, а время нарастания выходного тока $I_{out} \approx 300$ мкс (увеличение времени нарастания вызвано влиянием индуктивности первичной цепи). Амплитуда выходного напряжения ДТК-500 V_{out} (верхняя осциллограмма) составила 1,6–1,7 В, что соответствует измеренному току I_{in} , равному 1600–1700 А. При этом искажение формы выходного нарастающего сигнала на периоде нарастания входного тока визуально не наблюдалось.

На рис. 4б (амплитуда тока такая же, как на рис. 4а) можно наблюдать затягивание спада выходного сигнала (верхняя осциллограмма) после выключения входного тока (нижняя осциллограмма). Время спада выходного сигнала по уровню 0,5 составило порядка 1,5 мс.

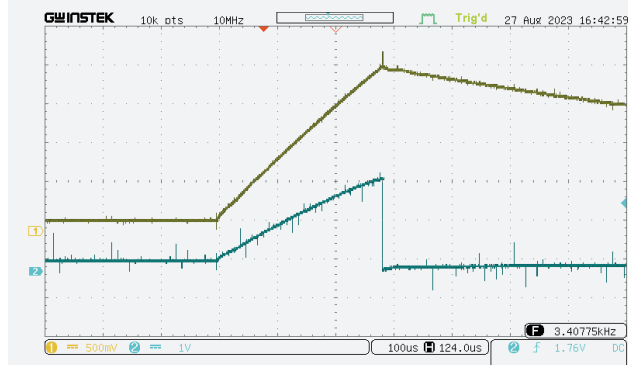
Аналогичные результаты можно увидеть на осциллограммах рис. 4в (нарастание входного тока) и рис. 4г (выключение входного тока) при амплитуде входного тока до $I_{in} \approx 2000$ А. Ограничения и искажения формы нарастания выходного сигнала не наблюдаются при входных токах до 2000 А. Таким образом датчик тока ДТК-500 в данном



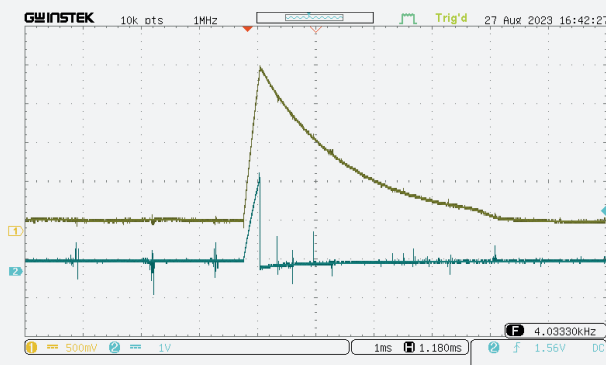
а)



б)



в)



г)

Рис. 4. Осциллограммы измерения динамических характеристик ДТК-500 в режиме большого сигнала

конструктиве можно использовать для работы в диапазоне токов до 2000 А.

Исследование динамических характеристик ДТК-500 также проводилось в режиме малого сигнала (рис. 5). Ток I_{in} подавался на токовую обмотку, состоящую из одного витка. Следовательно, амплитуда выходного сигнала токового трансформатора составила 1 В на $I_{in} = 10$ А. Амплитуда выходного сигнала ДТК-500 по-прежнему составляла 1 В на 1000 А.

На рис. 5 амплитуда входного тока (нижняя осциллограмма) $I_{in} \approx 140$ А, а время нарастания входного тока – порядка 40 мкс. Амплитуда выходного напряжения ДТК-500 (верхняя осциллограмма) V_{out} составила 0,13 В, что соответствует измеренному току (140 А). При этом искажение формы выходного сигнала на периоде нарастания входного тока визуально не наблюдалось. Также на рис. 5 можно заметить затягивание спада выходного сигнала после выключения входного тока. Время спада выходного сигнала по уровню 0,5 составило порядка 20 мкс, что существенно меньше времени спада при максимальном входном токе (1,5 мс).

Дополнительно были проведены сравнительные измерения динамических характеристик измерительных преобразователей ДПС-100 и датчиков тока LA 100-P от компании LEM при максимальных рабочих токах (рис. 6). На вход датчиков прикладывался импульсный ток $I_{in} \approx 150$ А на один

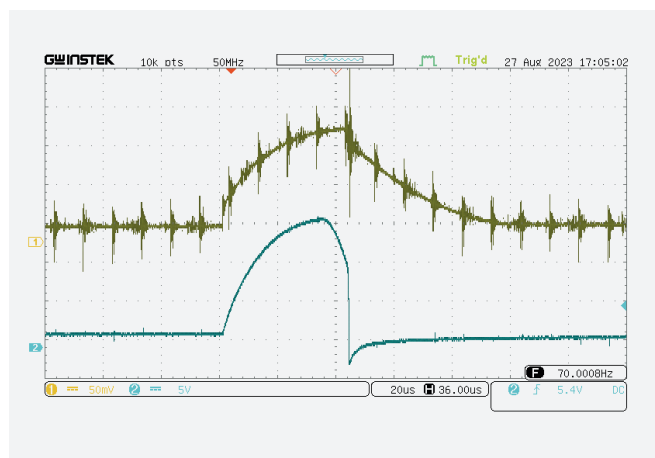


Рис. 5. Осциллограммы измерения динамических характеристик ДТК-500 в режиме малого сигнала

виток. Паспортное значение максимального (RMS) тока датчиков составляет 100 А, что соответствует максимальному пиковому току $I_{in} \approx 150$ А. На выходе датчиков наблюдалось нарастание тока до уровня $I_{out} \approx 150$ А с небольшим запаздыванием порядка 10 мкс и спадом по уровню 0,5 за время 20 мкс (см. рис. 6). Переходные характеристики датчиков




• ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ:

- переменного тока
- постоянного тока

А ТАКЖЕ:

- ЭЛЕКТРОННЫЕ НАГРУЗКИ
- ГЕНЕРАТОРЫ ИМПУЛЬСОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ
- РЕГИСТРАТОРЫ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
- ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИМИТАЦИИ ВИДОВ И ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (имитаторы бортовых систем электроснабжения)
- ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ: РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, АТТЕСТАЦИЯ



ГОСРЕЕСТР
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

124489 Москва, Зеленоград, Сосновая аллея д. 6, стр. 22

+7 495 2041538 info@aktorstc.ru www.aktorstc.ru

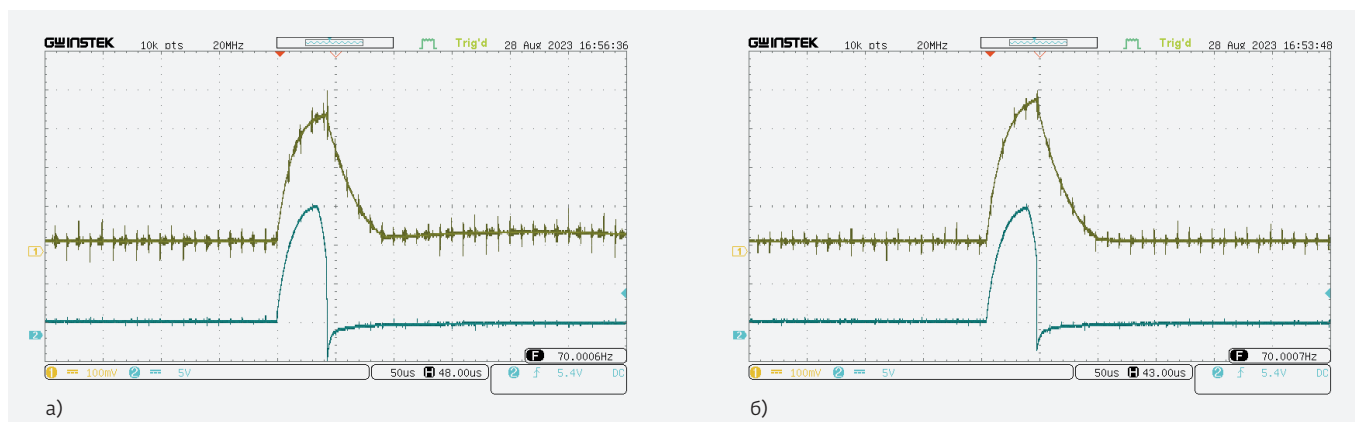


Рис. 6. Осциллограммы измерения динамических характеристик ДПС-100 (а) и LA 100-P (б) при максимальных рабочих токах

ДПС-100 и LA 100 практически не различались, поэтому можно сделать заключение о применимости преобразователей ДПС в частотном диапазоне до 10–15 кГц.

Характеристики измерительных преобразователей разработки «НТЦ АКТОР» аналогичны датчикам компании LEM, а по некоторым характеристикам их превосходят. Датчики обладают малой погрешностью преобразования (погрешность преобразования номинального синусоидального входного тока частотой 50 Гц не превышает 0,3%), хорошей линейностью, малым температурным дрейфом (в диапазоне 25...85 °С не более 0,25 мА), широкой полосой пропускания, отсутствием вносимых потерь в первичную цепь, высокой устойчивостью к внешним помехам

и возможностью работать со значительной перегрузкой по току в первичной (силовой) цепи. Указанные достоинства измерительного преобразователя достигаются за счет применения схемы обработки компенсационного типа с замкнутым контуром управления. Выходной сигнал такого прибора представляет собой ток, пропорциональный первичному, измеряемому току. В качестве элемента сравнения в контуре управления используется датчик на основе эффекта Холла. В настоящее время «НТЦ АКТОР» расширяет линейку измерительных преобразователей. Проводятся работы по расширению рабочего диапазона датчиков, создаются преобразователи с переключаемыми диапазонами и минимальной остаточной намагниченностью. ●

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1960 руб.

СОВРЕМЕННЫЕ ДАТЧИКИ. СПРАВОЧНИК Фрейдин Я.

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. — 800 с.,
ISBN 978-5-94836-619-7

Справочник по современным датчикам можно назвать настольной книгой исследователя в любой области естествознания, поскольку в нем изложены физические принципы, методы разработки и варианты практического использования широкого спектра датчиков в самых разнообразных областях применений. Книга выдержала пять изданий на английском языке, и это не случайно, ведь любая современная система измерений не обходится без применения датчиков, которые являются «переводчиками» окружающей аналоговой природы на язык цифровой техники.

Со времени публикации первого русского издания произошло значительное развитие технологии создания широкого спектра датчиков и детекторов, которые совершили значительный рывок в развитии. Чувствительность датчиков стала выше, габариты – меньше, селективность – лучше, а цены – ниже. Быстро развивается новая, ставшая основной областью применения датчиков в устройствах мобильной связи, поэтому в настоящем издании более подробно рассмотрено данное направление. В книге содержится новая информация по созданию химических и биохимических датчиков, уделено внимание математическому моделированию передаточных характеристик датчиков, используемых при создании измерительных систем и комплексов. Книга является превосходным справочным пособием для студентов, исследователей, проектировщиков датчиков и специалистов, разрабатывающих измерительные системы.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru

XXVII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

INTERPOLITEX



СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА

17—19 ОКТЯБРЯ 2023
МОСКВА, ВДНХ, ПАВИЛЬОН № 57



INTERPOLITEX.RU