

# Быстродействующий датчик действующего значения переменного тока силовых преобразователей

Евгений Колесников (Тульская обл.)

**Эффективность и надёжность силовых полупроводниковых преобразователей, использующих широтно-импульсное регулирование, в значительной мере зависит от быстродействия и точности датчиков напряжения и тока. Представленная схема позволяет увеличить быстродействие датчика переменного тока промышленной частоты.**

Широкое применение микропроцессорных средств для управления силовыми полупроводниковыми преобразователями предъявляет повышенные требования к параметрам различных датчиков электрических величин. В современных регуляторах переменного напряжения, устройствах мягкого пуска асинхронных двигателей и управляемых выпрямителях на основе широтно-импульсного регулирования используются датчики переменного тока и напряжения, входящие в состав систем подчинённого регулирования. Контур внутреннего регулирования тока является внутренним, наиболее быстродействующим и наиболее ответственным. Традиционно датчики тока используются и в системах защиты от предельных токов.

От быстродействия датчика тока и, следовательно, всего контура регулирования тока зависит точность поддержания регулируемого параметра в нестационарных режимах. Использование быстродействующих датчиков тока в системах защиты преобразователей позволяет предотвратить выход из строя дорогостоящих силовых полупроводниковых приборов.

В общем случае система регулирования и защиты предполагает использование сигнала постоянного тока, про-

порционального текущему действующему значению измеряемого тока. Поэтому сигнал переменного тока, полученный с датчика тока, преобразуется в сигнал постоянного тока, как правило, с помощью двухполупериодного выпрямителя и сглаживающего фильтра.

В современных силовых преобразователях широко используются датчики тока на основе эффекта Холла [1]. Выходной сигнал таких датчиков снимается относительно общего провода, что делает невозможным применение в качестве выпрямителя традиционной мостовой двухполупериодной схемы. Это обстоятельство предопределило применение в датчике схемы двухполупериодного активного выпрямителя. Для повышения быстродействия датчика в схему активного выпрямителя дополнительно введены фазосмещатель, ещё один активный выпрямитель и сумматор, а вместо конденсатора фильтра использован активный фильтр низких частот второго порядка.

Структурная схема разработанного датчика тока силового преобразователя приведена на рисунке 1. Она включает первичный датчик тока ДТ на основе эффекта Холла, активные выпрямители АВ1 и АВ2, фазосмещатель ФС, сумматор С и активный фильтр АФ. Измеряемый переменный ток  $i$  преобразуется датчиком Холла в пропорциональное ему напряжение  $u_{ДТ}$ , которое подаётся на входы активного выпрямителя АВ1 и фазосмещателя ФС. Последний сдвигает фазу напряжения  $u_{ДТ}$  на угол  $90^\circ$  и подаёт его на вход активного выпрямителя АВ2. В сумматоре С напряжения  $u_{АВ1}$  и  $u_{АВ2}$  суммируются, и напряжение  $u_C$  подаётся на вход активного фильтра АФ, где сглаживается до требуемой величины пульсаций. В

результате на выходе схемы датчика тока формируется напряжение  $U_{\text{вых}}$  постоянного тока, пропорциональное действующему значению  $I$  измеряемого тока  $i$ .

На рисунке 2 приведена принципиальная электрическая схема разработанного датчика тока. В качестве первичного использован датчик тока LT100-S/SP30 на номинальный ток 100 А, имеющий токовый выход с номинальным током 100 мА. Выход датчика нагружен на измерительный резистор R1. Напряжение, снимаемое с резистора R1, понижается с помощью потенциометра резистора R2 до требуемого уровня  $U_1 = 1$  В при измеряемом токе 40 А. Конденсатор С2 подавляет импульсные помехи. Переменное напряжение с движка потенциометра R2, пропорциональное измеряемому току, подаётся на входы активного выпрямителя АВ1 и фазосмещателя ФС.

Активные выпрямители АВ1 и АВ2 собраны на операционных усилителях DA1.1 и DA1.3 соответственно и представляют собой схемы точных однополупериодных выпрямителей [2]. Выпрямители АВ1 и АВ2 работают совместно с сумматором С, выполненном на операционном усилителе DA2.1. Двухполупериодное выпрямление осуществляется путём суммирования в сумматоре С входного синусоидального сигнала  $u_1$  (при синусоидальном токе  $I$ ) с однополупериодным сигналом двойной амплитуды отрицательной полярности, снимаемым с выхода каждого из АВ. Работа выпрямителей идентична, за исключением того, что на вход АВ2 поступает сигнал  $u_2$  с выхода фазосмещателя ФС, отстающий по фазе на угол  $90^\circ$  от входного сигнала  $u_1$ .

Фазосмещатель ФС реализован на операционном усилителе DA1.2, включенном по схеме неинвертирующего усилителя. Входные цепи R3C1 и R4C3 последовательно сдвигают фазу сигнала на  $45^\circ$ , в результате суммарный сдвиг составляет  $90^\circ$  на частоте 50 Гц. Коэффициент передачи фильтра равен 2 В/В и устанавливается резисторами R6 и R9.

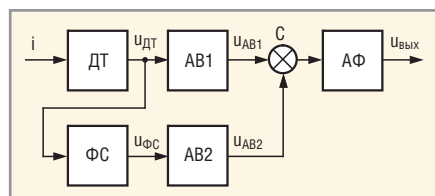


Рис. 1. Структурная схема датчика тока

ДТ – первичный датчик тока; ФС – фазосмещатель; АВ1, АВ2 – активные выпрямители 1, 2; С – сумматор; АФ – активный фильтр

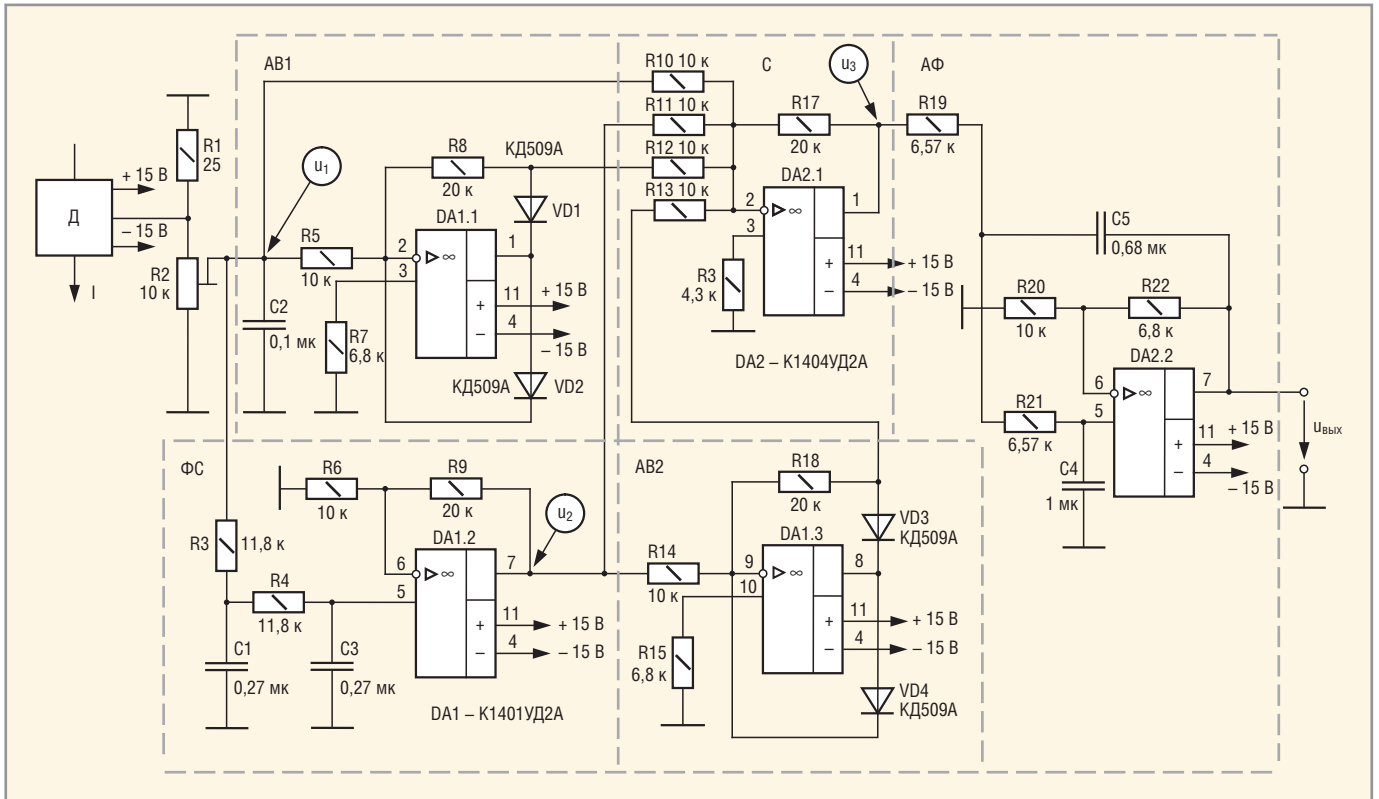


Рис. 2. Принципиальная схема датчика тока

Таким образом, на выходе сумматора С формируется сигнал  $u_3$ , равный сумме двухполупериодных сигналов положительной полярности, сдвинутых на угол  $90^\circ$  и усиленных в два раза. С выхода сумматора С сигнал поступает на вход активного ФНЧ, выполненного по схеме Саллена-Ки второго порядка на операционном усилителе DA2.2 [3]. Компоненты фильтра подобраны таким образом, чтобы получить наибольшее быстродействие при перерегулировании выходного сигнала не более 5%.

На рисунке 3 приведены осциллограммы напряжений в контрольных точках схемы. Здесь же приведены осциллограммы выходных напряжений  $u_{\text{вых}}$  и  $u'_{\text{вых}}$  соответственно разработанного датчика и традиционного двухполупериодного выпрямителя, полученные при ступенчатом воздействии на входе схемы. Анализ осциллограмм показывает, что время установления выходного напряжения  $u_{\text{вых}}$  разработанного датчика в 3,8 раза меньше времени установления  $t'_y$  датчика, выполненного по двуполупериодной схеме.

Применение разработанного датчика тока в силовых преобразователях обеспечивает повышение точности поддержания параметров в переходных режимах и, следовательно, повышение качества технологического процесса. Кроме того, использование

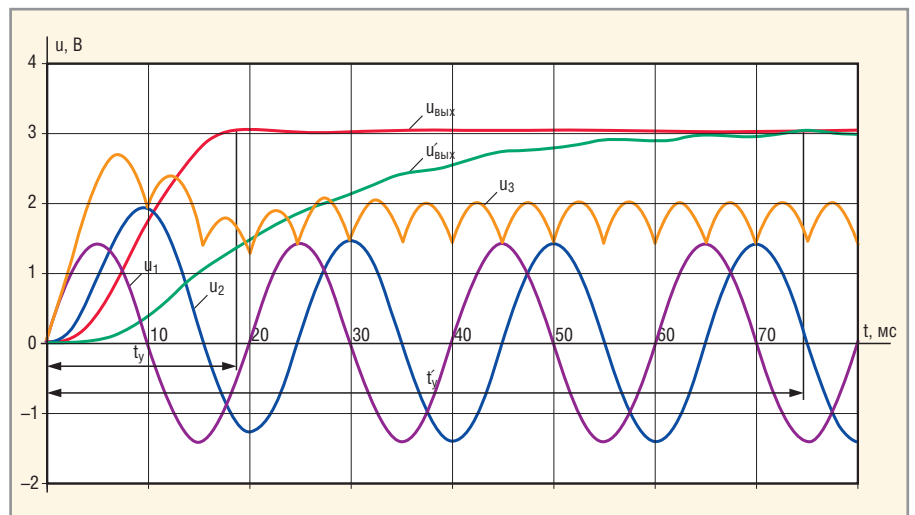


Рис. 3. Осциллограммы работы датчика тока

датчика увеличивает быстродействие защиты по току, повышая надёжность силовых ключей преобразователя и электрооборудования в целом.

Следует отметить, что область применения датчика ограничивается измерением переменного синусоидального тока промышленной частоты, что предопределяет его использование в силовых преобразователях с широтно-импульсным регулированием, где форма тока близка к синусоидальной.

Описанный в статье датчик тока использован в аппаратуре управления и защиты электродвигателя погружного насоса мощностью 22 кВт. Сигнал датчика задействован в транзисторном

регуляторе напряжения, который обеспечивает мягкий пуск электродвигателя путём ограничения пускового тока на заданном уровне, а также при организации защит от перегрузки и короткого замыкания.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Романенко Д. Датчики тока на основе эффекта Холла. Основы схемотехники. 2003. № 6. С. 25.
2. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника: Учебное пособие для приборостроительных специальностей вузов. Высшая школа, 1991.
3. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС. Мир, 1985.

