С.А. Кравченко, В.П. Пиастро, В.Ю. Барбарович,
S.A.Kravchenko, V.P. Piastro, V.Yu. Barbarovich,

МЕТОДЫ АТТЕСТАЦИИ ХОЛЛОВСКИХ КИЛОАМПЕРНЫХ ДАТЧИКОВ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

METHODS FOR CERTIFICATION OF A.C. AND D.C. HALL-EFFECT TRANSDUCERS APPLIED

СПб, ВНИИМ им. Д.И.Менделеева, СПб, НИИПТ.
SPb, VNIIM named D.I.Mendeleev, SPb, NIIPT

The paper deals with methods for certifying the electrical current transducers (ET) based on Hall effect and measuring high a.c. and d.c. currents that can vary within the range from 0 up to 2000 amperes. The described electronic system of a high power frequency controlled driver is based on the work of high power thyristors and key transistors providing a three-phase current in the mode of pulse-width modulation with required power and frequency changes for starting the movement of a multi-tons mass, maintaining a given velocity and smooth braking. The work of such a driver in a new type of ET is controlled by a virtual measurement system (VMS)to the output of which the Hall effect current transducers are connected, the transducers being able to work within the a.c. and d.c. current values from 0 up to 2000 amperes.

Электронная система частотного привода большой мощности основана на импульсной работе мощных тиристоров и ключевых транзисторов, обеспечивающих в режиме широтно-импульсной модуляции получение 3-х фазного тока с требуемыми силовыми и частотными изменениями для разгона многотонной движущей массы (например поезда или корабля), поддержания заданной скорости или плавного торможения. Работа такого привода в новом типе электро движения контролируется виртуальной измерительной системой (ВИС), на входе которой включены датчики тока нового типа, работающие на эффекте Холла. При этом такие холловские датчики созданы для работы при тяжёлых условиях работы : при пониженных до -50^0 С и повышенных до + 90^0 С температурах.. Главным достоинством таких датчиков – возможность работать в диапазоне рабочих значений токов от 0 до 2000 А, как постоянного, так и переменного тока практически с одинаковой погрешностью.
На ВНИИМ им. Д.И. Менделеева и НИИ постоянного тока легла непростая задача изыскать методы и разработать методики исследований и точных измерений для последующей аттестации таких датчиков тока. Необычность работы заключалась в том, что необходимы были методы задания и поддержания с точностью до 0,05 % постоянных (f = 0 Гц) и переменных токов (f =50 Гц) с изменяемым значением тока от 0 до 2000 А.. Теоретические исследования показали, что для решения такой задачи могут быть использованы иммитационные методы задания сверхбольших токов на основе умножения магнитной индукции в магнитном концентраторе, где расположен элемент Холла, вырабатывающий выходные напряжения, пропорциональные измеряемому току. Проверка диапазона преобразования постоянного тока с датчиком Холла типа LT2005-S и определение основной приведённой погрешности проводилась по схеме (рис.1)

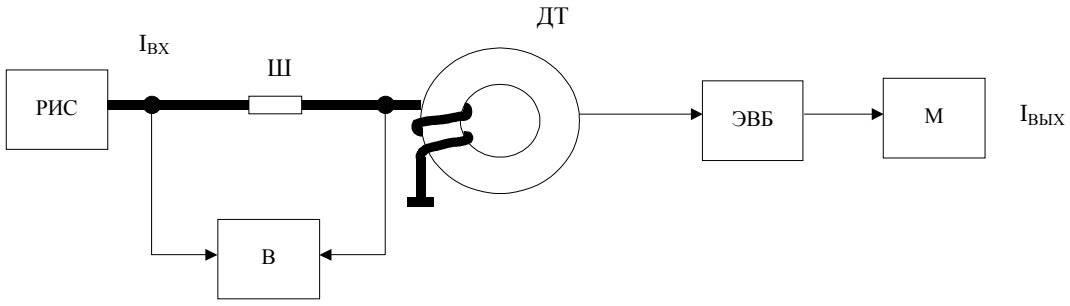


Рис. 1

РИС -регулируемый источник сигнала постоянного тока, ДТ- датчик тока типа LT2005-S, В - компаратор типа Р3003, Ш - шунт постоянного тока. Большие значения постоянного тока через LT2005-S имитируют тем, что на сердечник датчика наматывают 50 витков медного жгута сечением 40 $мм^2$ равномерно по сердечнику, не захватывая зоны магнитного концентратора, где находится элемент Холла. На рис. 1 намотка показана условно толстым проводом. Устанавливают значения выходного постоянного тока РИС (установка ИСН-1) равными 1; 10 и 15А, что эквивалентно входному току ДТ соответственно 50; 500 и 750А. Выходные токи РИС (установка У-300) 20; 30; 40 А эквивалентны входным токам ДТ 1000; 1500; 2000 соответственно. Значения входного тока $I_{ВХ}$ датчика LT2005-S контролируются компаратором В (тип Р 3003, класс точности 0,0005) по падению

@2002, электронная версия подготовлена ЗАО АВТЭКС Санкт-Петербург, http://www.autex.spb.ru

напряжения на шунте Ш и одновременно выходное напряжение, пропорциональное выходному току, вырабатываемое в электронно-вычислительном блоке ЭВБ видно на экране монитора М компьютера.. Диапазон преобразования переменного тока ($I_{ЭФФ}$) с датчиком LT2005-S и определение основной приведённой погрешности определяется по другой схеме (рис. 2).
РИС -регулируемый источник переменного тока – установка типа У-300,
ДТ -датчик тока типа LT2005-S, А – амперметр переменного тока типа
Д-533, ТТ- трансформатор тока типа МТТ-1. Для обеспечения требуемого имитационного значения переменного тока, на сердечник датчика тока LT2005-S намотана обмотка из 10 витков жгутом из тонких проводов общим сечением порядка 60 мм^2 , которая также показана толстым проводом. Требования по намотке аналогичны . На рис. 2. контроль входного тока ДТ I_{BX} выполняется с помощью трансформатора тока ТТ с $К_{ТР}$=120 и амперметра А со шкалой на 5 ампер. На ТТ наматывают три витка таким же жгутом. В этом случае при выходном токе РИС (входном токе на датчик ДТ), равном 200А, индукция магнитного поля сердечника в
РИС -регулируемый источник переменного тока – установка типа У-300,
ДТ -датчик тока типа LT2005-S, А – амперметр переменного тока типа

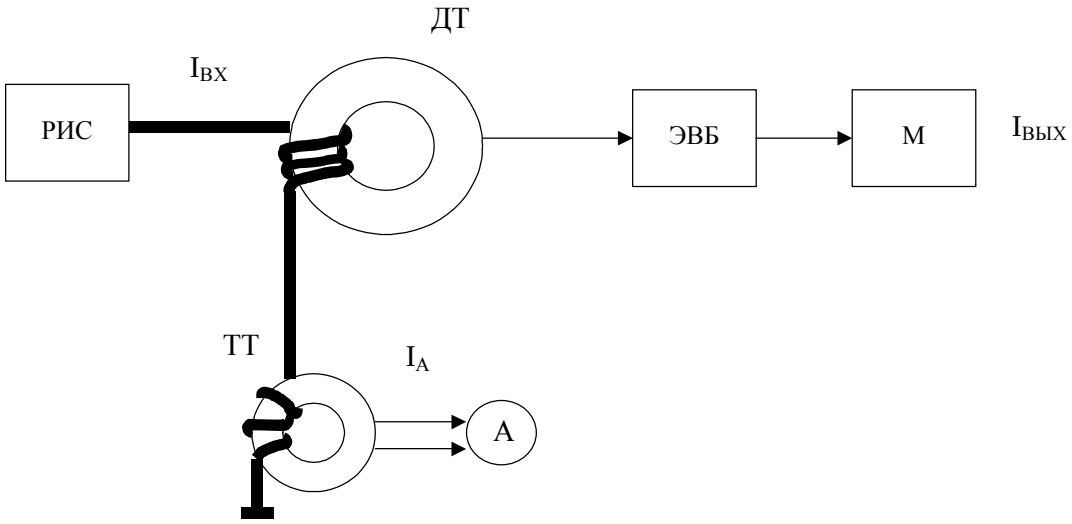


Рис. 2

РИС -регулируемый источник переменного тока – установка типа У-300,
ДТ -датчик тока типа LT2005-S, А – амперметр переменного тока типа
Д-533, ТТ- трансформатор тока типа МТТ-1. Для обеспечения требуемого имитационного значения переменного тока, на сердечник датчика тока LT2005-S намотана обмотка из 10 витков жгутом из тонких проводов общим сечением порядка 60 мм^2 , которая также показана толстым проводом. Требования по намотке аналогичны . На рис. 2. контроль входного тока ДТ I_{BX} выполняется с помощью трансформатора тока ТТ с $К_{ТР}$=120 и амперметра А со шкалой на 5 ампер. На ТТ наматывают три витка таким же жгутом. В этом случае при выходном токе РИС (входном токе на датчик ДТ), равном 200А, индукция магнитного поля сердечника в зоне датчика Холла определяется как бы номинальным значением входного тока $I_{BX\ НОМ}$ = 200 х 10 =2000А, а на входе измерительного трансформатора тока ТТ как бы значением тока равным 200 х 3 = 600 А. Это необходимо для обеспечения минимальных значений погрешности как ТТ (у МТТ-1 класс 0,02%), так и амперметра А, максимальное отклонение стрелки которого на всю шкалу при токе (600 А : 120 = 5А) гарантирует снижение погрешности до 0,2 %.

В качестве основной метрологической характеристики были выбраны границы относительной погрешности. Систематические погрешности измерений – оцениваются по отклонению среднего значения из трех снятых показаний от значения входного сигнала $\left(\theta_1 = \frac{\left| \overline{X} - X_{BX} \right|}{X_{BX}} \times 100\% \right)$

Случайные погрешности измерений – оцениваются по разбросу показаний $S = 0{,}6 \frac{X_{\max} - X_{\min}}{X_{BX}} \times 100\%,$ где $X_{\max}, X_{\min}$ - соответственно максимальное и минимальное

значение из трех снятых показаний, X_{BX} – входное значение тестового сигнала.

Нормировались границы приведенной погрешности в диапазоне 0-2000 А для постоянного тока и переменного тока.

Доверительные границы суммарной относительной погрешности вычислялись по формуле:

$$\delta(X) = \left(\theta_1 + 2\sqrt{S^2 + \frac{\theta_0^2(X) + \theta_{01}^2(X)}{3}} \right)\%$$

На заключительном этапе вычислялась приведенная погрешность по формуле:

$$\max_X \quad \delta\ (\ X\ ) \times \frac{X}{X_K}$$

Исследования проводились на отечественных и зарубежных датчиках в диапазоне постоянного и переменного токов от 0 до 2000 ампер при температуре окружающей среды 20-22 ^{0}C. Согласно исследованиям приведённая погрешность датчиков тока на основе эффекта Холла не превышает значений 0,2% на постоянном токе и 0,3 % на переменном токе. Датчики тока на основе эффекта Холла, выпускаемые как фирмой «LEM» Швейцария, так и Тверским заводом «Твелем» практически идентичны по метрологическим характеристикам.

Литература:

1. Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством. М. Издательство стандартов, 1990 г. 341 с.
2. Тартаковский Д.Ф. Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений . М.. «Высшая школа», 2001 г. 204 с.