

# Токовые клещи и мультиметры Chauvin-Arnoux

Основанная в 1893 году Рафаэлем Шова и Рене Арну фирма Chauvin-Arnoux является старейшей независимой компанией в области электроизмерительной техники. Chauvin-Arnoux сыграла важную роль в истории измерительной техники в двадцатом столетии. За целый век своего существования компания зарегистрировала более 350 патентов и торговых марок, среди которых токовые клещи и мультиметр (первоначальное название «Универсальный тестер» — зарегистрированная торговая марка). В настоящее время, имея сертификат ISO 9001 и 1400 человек персонала, фирма по-прежнему подтверждает свое призвание: разработка и производство приборов для измерения и контроля электрических и физических параметров. Перечень производимого оборудования включает широкую гамму мультиметров и токовых клещей, мегомметров и измерителей сопротивления заземления; анализаторов сетей, комплексных приборов для проверки электроустановок, измерители мощности и искажений, регистраторы, тестеры, эмуляторы электросетей и нагрузок, осциллографы, генераторы, источники питания, термометры, гигрометры, люксметры, анемометры, тахометры и шумомеры. 11 % оборота фирмы ежегодно направляется на разработку новых моделей и проведение научно-технических исследований. Фирма непрерывно вводит новшества и расширяет свои позиции на рынке XXI века.

По материалам  
Chauvin-Arnoux  
подготовил  
Сергей Шахматов

diagns@dol.ru

Лидерские позиции Chauvin-Arnoux в области измерительной техники быстро превратили ее в транснациональную корпорацию. У Chauvin-Arnoux восемь дочерних предприятий в Германии, Австрии, Испании, Италии, Великобритании, Швейцарии, Китае и Соединенных Штатах. Фирма имеет 120 агентств и 2200 дистрибуторов, 750 из них — в США.

Производя более 5000 типов изделий, в том числе ряд уникальных устройств, не имеющих аналогов, и поставляя их на пять континентов, Chauvin-Arnoux имеет восемь производственных предприятий — шесть фабрик во Франции, имеющих сертификат ISO9001 и расположенных в Нормандии и Лионе, а также заводы в Милане (Италия) и Дувре (США, Нью-Гемпшир).

В Европе и по всему миру сервисное обслуживание выполняется дочерними предприятиями фирмы и уполномоченными агентами.

## 1. Бесконтактные датчики тока (токовые клещи)

### 1.1. Введение

Датчики тока в виде клещей разработаны для расширения возможностей измерения цифровых мультиметров, измерителей параметров мощности, осциллографов, портативных осциллографов, регистраторов, самописцев и различных других приборов. При тестировании для бесконтактного измерения без разрыва цепи клещи смыкаются вокруг проводника с током. Выходные значения в виде напряжения или тока прямо пропорциональны измеряемому току. Это дает возможность проводить измерения и выводить значения на дисплей приборов с небольшим диапазоном входных значений напряжения или тока.

При измерениях проводник с током не разрывается и остается электрически изолированным от вхо-

дов измерительного прибора. В результате этого низковольтные входы могут быть переведены в третье состояние (с высоким импедансом) или заземлены. Для выполнения измерения с помощью токового датчика нет необходимости прерывать подачу электроэнергии, что устраняет простои, обходящиеся подчас очень дорого.

Измерение действительных среднеквадратических значений в диапазоне частотных характеристик датчика возможно при использовании токового датчика Chauvin-Arnoux с мультиметром RMS, предназначенным для измерения среднеквадратических значений. В большинстве случаев измерение среднеквадратических значений ограничивается не возможностями данных токовых датчиков, а приборами, к которым они подключены. Наилучшие результаты измерения обеспечиваются использованием датчиков, обладающих высокой точностью, хорошей частотной характеристикой и минимальным фазовым сдвигом.

Chauvin-Arnoux предлагает широкий выбор токовых датчиков для измерения постоянного и переменного тока. Несколько токовых датчиков Chauvin-Arnoux имеют патенты на их уникальную схему, конструкцию и дизайн.

### 1.2. Токовые датчики для измерения переменного тока. Принцип работы

Токовый датчик для измерения параметров переменного тока может рассматриваться как разновидность обычного трансформатора тока. Трансформатор (рис. 1) имеет две катушки на общем железном сердечнике. Ток  $I_1$  подается на катушку  $B_1$ , наводя через общий сердечник ток  $I_2$  на катушке  $B_2$ . Число витков на каждой катушке и значение напряжения определяются отношением:

$N_1 \times I_1 = N_2 \times I_2$ , где  $N_1$  и  $N_2$  — число витков на каждой катушке, из чего следует:

$$I_2 = N_1 \times I_1 / N_2 \text{ и } I_1 = N_2 \times I_2 / N_1.$$

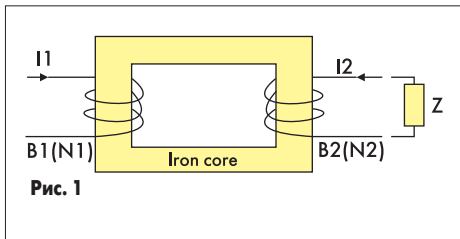


Рис. 1

Тот же самый принцип используется в токовом датчике (рис. 2). На замкнутом магнитопроводе в виде клещей, замкнутых на проводнике, находится катушка B2, по которой протекает электрический ток I1. B1 — это проводник, на котором пользователь проводит измерения при количестве обмоток, образуемых проводником, равном единице. Ток датчик, замкнутый вокруг проводника, вырабатывает выходной ток, значения которого определяются количеством витков на катушке B2, по формуле:

$I_2$  (выход датчика) =  $(N_1 / N_2) \times I_1$ , где  $N_1 = 1$  или, иначе, выходное значение тока датчика =  $I_1 / N_2$  (где  $N_2$  это число витков на катушке датчика).

Часто бывает очень трудно измерить  $I_1$  непосредственно, так как значение силы тока слишком велико, чтобы подавать его непосредственно на цепь измерительного прибора, или просто потому, что недопустимо разрывать цепь. Для обеспечения приемлемого выходного значения на катушке датчика размещается большое количество витков.

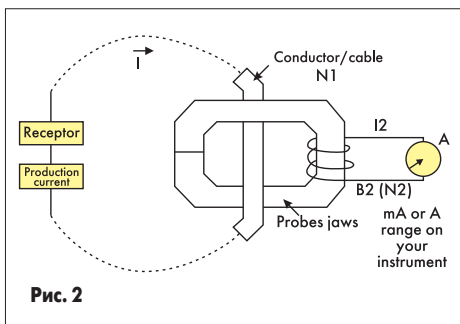


Рис. 2

Количество витков на катушке датчика в большинстве случаев имеет кратные значения (например, 100, 500 или 1000).

Если  $N_2$  равно 1000, в этом случае клещи имеют соотношение  $N_1 / N_2$  или  $1/1000$ , которое обозначается как 1000:1. Еще один способ выразить данное соотношение — это сказать, что выходное значение датчика 1 мА/A есть выходное значение 1 мА ( $I_2$ ) для 1А (или 1А@1000А), появляющегося на дисплее датчика.

Существует множество других возможных соотношений: 500:5, 2000:2, 3000:1, 3000:5 и т. д. — для различного применения. В большинстве случаев токовый датчик используется с цифровым мультиметром. Рассмотрим в качестве примера токовый датчик с соотношением 1000:1 (модель С30) с токовым выходом и соотношением 1мА/A. Данное соотношение означает, что ток, протекающий через захваты токовых клещей, преобразуется в ток на выходе следующим образом:

Входной ток проводника, А	Выходной ток датчика, мА
1000	1 А
750	750
250	250
10	10

Выход датчика подключается к цифровому мультиметру в режиме измерения переменного тока в соответствующем диапазоне значений для преобразования выходного сигнала датчика. Затем для определения параметров тока в проводнике необходимо умножить показания мультиметра на соотношение датчика (например, значение 150 мА в диапазоне измерения 200 мА соответствует силе тока  $150 \text{ мА} \times 1000 = 150 \text{ А}$  в измеряемом проводнике).

Токовые клещи могут использоваться и с другими приборами, измеряющими ток в диапазоне, соответствующем выходу датчика, если данные измерительные приборы имеют требуемое входное сопротивление (рис. 3).

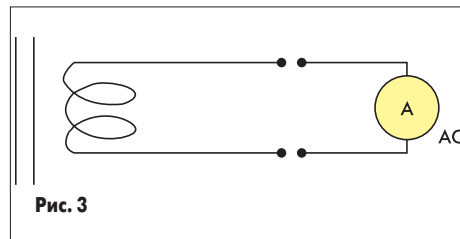


Рис. 3

Токовые датчики могут также иметь выходы как по току, так и по напряжению для осуществления измерений тока теми приборами, которые имеют только входы по напряжению (регистрирующие устройства, осциллографы и т. д. — рис. 4 и 5).

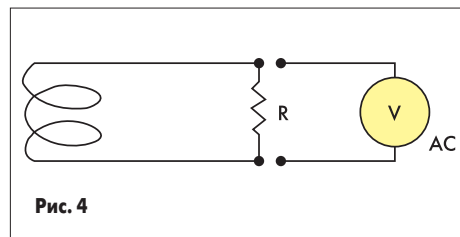


Рис. 4

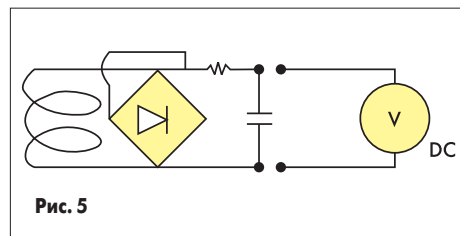


Рис. 5

Это просто осуществить согласованием токового выхода датчика с датчиком, имеющим на выходе напряжение (модель Y4N или Mini1). В таких случаях напряжение на выходе датчика в милivolтах пропорционально измеряемому току (например, 1мВ/А переменного тока).

**1.3. Токовые клещи для измерения постоянного и переменного тока.**

**Принцип работы**

В отличие от традиционных преобразователей переменного тока, измерение параметров переменного и постоянного тока часто осуществляется посредством измерения напряженности магнитного поля, созданного проводником тока в полупроводниковом кристалле в соответствии с эффектом Холла.

Когда тонкий полупроводник (рис. 6) располагается под прямым углом к магнитному полю (B) и на него подается ток (Id), на концах полупроводника возникает напряжение (Vh). Это напряжение известно как напряжение Холла, в

честь американского ученого Эдвина Холла, который первым открыл данное явление.

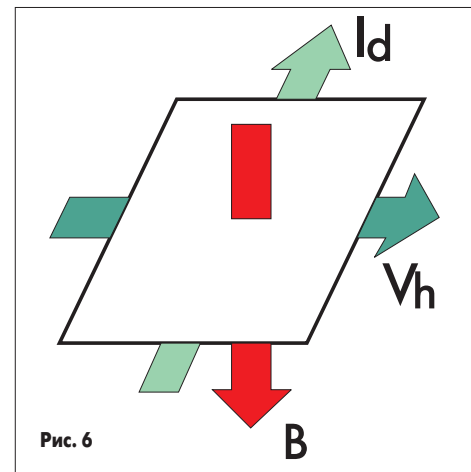


Рис. 6

Когда ток возбуждения  $I_d$  в устройстве Холла поддерживается постоянным, напряженность магнитного поля  $B$  является прямо пропорциональной току в измеряемом проводнике. Таким образом, выходное напряжение  $V_h$  соответствует данному току. Подобная схема имеет два важных преимущества для измерения параметров тока:

- поскольку напряжение Холла зависит не от изменения направления магнитного поля, а только от значения его напряжения, данное устройство может быть использовано для измерения постоянного тока;
- когда напряжение магнитного поля изменяется вследствие изменения тока в проводнике, реакция на изменение происходит мгновенно. Таким образом, форма электромагнитной волны переменного тока может быть определена и измерена с высокой точностью и небольшим фазовым сдвигом. Основная конструкция датчика в виде токовых клещей показана на рис. 7 (в зависимости от типа токового датчика используются один или два генератора Холла).

Большинство токовых датчиков Chauvin-Arnoux для измерения переменного и постоянного тока построены на рассмотренном выше принципе с использованием запатентованной электронной схемы, объединяющей преобразование сигнала для передачи на линейный выход и цепь компенсации температуры.

Токовые датчики имеют широкий динамический диапазон и частотную характеристику, а также выходной линейный сигнал высокой точности. Они могут применяться во всех областях измерения тока до 1500 А. Постоянный ток может быть измерен без дорогих, мощных шунтов. Переменный ток частотой до нескольких кило-

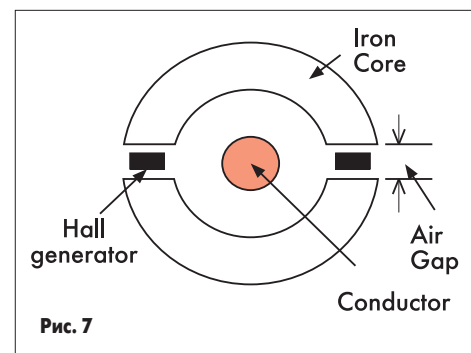


Рис. 7

герц может быть измерен с точностью, требуемой для измерения сложных сигналов, а также для измерения среднеквадратических значений.

Выходной сигнал токового датчика измеряется в милливольтмах (мВ DC при измерении постоянного тока и мВ AC при измерении переменного тока). Выход датчика может быть подключен к большинству приборов, имеющих вход для измерения напряжения, как мультиметр, осциллограф, портативный осциллограф, самописец и т. п.

Chauvin-Arnoux также предлагает конструкции клещей, такие как K1 и K2, разработанные для измерения постоянного тока очень небольшой величины с использованием магнитного насыщения.

Датчики для переменного и постоянного тока позволяют измерять и выводить на дисплей действительные среднеквадратические для значения для переменного (AC), постоянного тока (DC) или их суммы (AC+DC).

**1.4. Примеры применения.**

**Измерение переменных и постоянных токов**

**Измерение переменного тока (рис. 8): модель датчика тока: Y2N**

Коэффициент преобразования 1000:1  
Выходной сигнал: 1 мА AC/AAC.  
Мультиметр: установите диапазон измерения 200 мА AC (переменного тока).  
Считываемое значение на мультиметре: 125 мА AC.  
Сила тока в проводнике:  $125 \text{ мА} \times 1000 = 125 \text{ А AC}$ .

**Измерение постоянного тока (рис. 8): модель датчика тока PAC 21**

1 мВ DC/A DC (датчик Холла).  
Мультиметр: установлен диапазон измерения 200 мВ DC.  
Показания на приборе: 160 мВ DC.  
Сила тока в проводнике: 160 А DC.

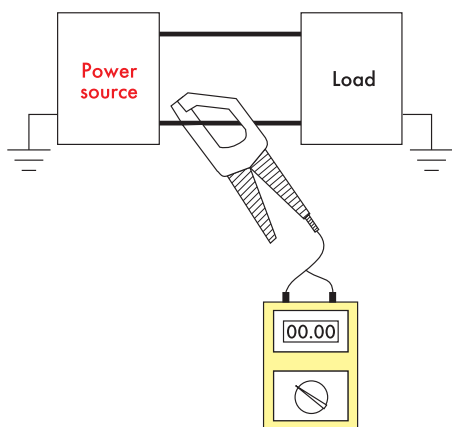


Рис. 8

**Измерение переменного тока: модель датчика PAC 11**

Коэффициент преобразования 1 мВ/A (датчик Холла).  
Мультиметр: установлен диапазон измерения 200 мВ AC.  
Показания на приборе: 120 мВ AC.  
Сила тока в проводнике: 120 А AC.

**Измерение постоянного тока DC: микро-датчик K1**

Коэффициент преобразования 1 мВ/мА  
Мультиметр: установлен диапазон измерения 200 мВ DC.

Показания измерительного прибора: 7,4 мВ DC.

Сила тока в проводнике: 7,4 мА DC.

**Измерение малых значений тока, измерение на петлях проводника, измерение тока утечки и другие измерения**

Предлагается большое число датчиков, измеряющих малое значение тока. Например, K1 и K2 имеют чувствительность 50 мА DC, а модель K2 может быть использована для измерения на кольцах из проводника с током 4–20 мА.

**Пример: петля 4–20 мА, модель датчика K2, выход: 10 мВ/мА**

Мультиметр: установите диапазон измерения 200 мВ DC.  
Показание мультиметра: 135 мВ DC (постоянного тока).  
Сила тока в петле: 13,5 мА DC (постоянного тока).

Если измеряемое значение слишком мало, для использования датчика или для увеличения точности измерения можно замкнуть клещами несколько петель проводника тока. Значение тока определяется отношением показаний прибора к количеству витков проводника, охваченных токовыми клещами (показания датчика необходимо разделить на количество витков, замкнутых клещами).

**Пример: (рис. 9), модель датчика S30, коэффициент трансформации 1000:1**

Цифровой измерительный прибор: установите диапазон измерения 200 мА AC.  
Сделайте 10 петель из проводника и замкните вокруг них токовые клещи.  
Показание измерительного прибора: 60 мА AC.  
Сила тока в проводнике:  $60 \text{ мА} \times 1000 / 10 = 6000 \text{ мА} = 6 \text{ А}$ .

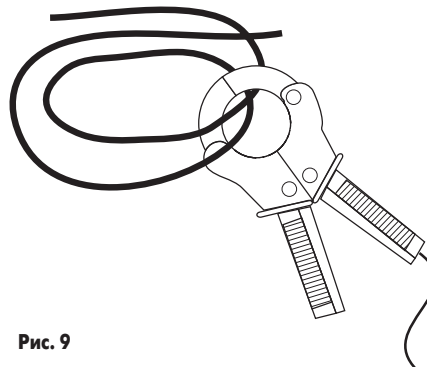


Рис. 9

Когда токовые клещи замкнуты вокруг двух проводников с различной полярностью, прибор покажет разницу значений тока двух проводников. Если значения равны, будет показано нулевое значение (рис. 10). Если прибор выдает значение, отличное от «0», то показывается значение утечки тока для данной нагрузки.

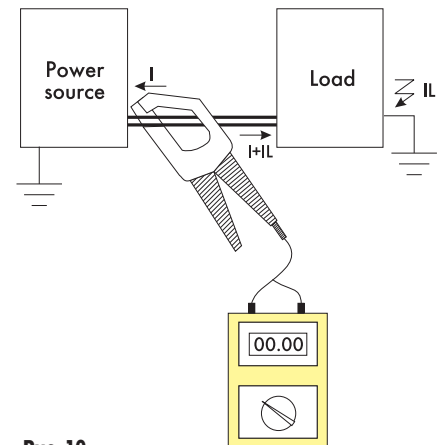


Рис. 10

Для измерения малых значений тока или для измерения утечки необходимо использовать токоизмерительные клещи, предназначенные для измерения небольших значений, как, например, модель B2.

Ток утечки на землю может быть измерен непосредственно при использовании следующей простой модели (рис. 11).

**Пример: (рис. 11), модель клещей MINIPINCE 1**

Коэффициент преобразования 1 мВ/мА  
Мультиметр: установите диапазон измерения 200 мВ AC.  
Показание измерительного прибора: 10 мВ AC.  
Ток утечки: 10 мА AC.

Продолжение следует

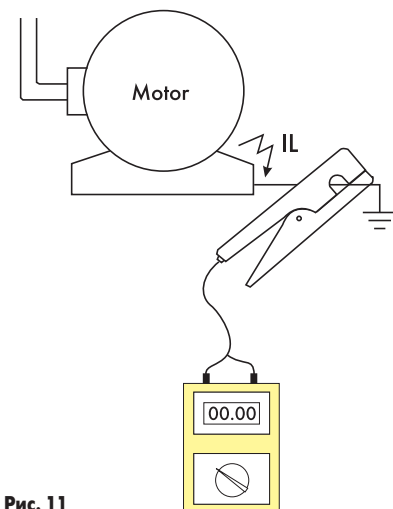


Рис. 11