

УДК 621.3

**ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЫ ТОКА В НИЗКООМНЫХ ЦЕПЯХ БЕЗ РАЗРЫВА ЦЕПИ, КАК КОНТРОЛЬ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ**

Монич К. И.

Научный руководитель – старший преподаватель Попкова Н.А.

Любая электротехническая система не обходится без расчета силы тока в цепях, проводниках и приборах. При монтаже электрической проводки в однофазной сети или в трехфазной сети для расчета толщины проводников и автоматических защитных выключателей необходимо знать силу тока, который будет протекать в данных линиях. Правильное измерение – залог безопасной и надежной эксплуатации любого электрического устройства. Знать значение силы тока также необходимо для:

- определения фактической нагрузки в сети. Чтобы определить нагрузку однофазной сети, осуществляется замер на вводном кабеле, полученное значение тока в амперах умножается на напряжение в сети и косинус угла между фазами ( $\cos \varphi$ ). Если отсутствует реактивная нагрузка (мощные индуктивные элементы, дроссели, двигатели), то последнее значение принимается равным единице ( $\cos \varphi = 1$ );
- для измерения мощности различных приборов. В случае возникновения необходимости измеряется сила тока участка цепи с подключенным потребителем. Мощность определяется по вышеописанной формуле;
- для проверки функционирования приборов учета потребления электроэнергии, например, сверки показаний счетчиков с фактическим потреблением;
- диагностики обмоток электродвигателя. Для диагностики каждой из обмоток замеряют ток в каждой фазе, и если в каждой из фаз он отличается, то в какой-то из обмоток возможно межвитковое замыкание, а если в одной из фаз вообще нет тока — то либо обрыв на линии либо обрыв в обмотке. Если в одной из фаз ток есть но он меньше чем в двух других – возможен плохой контакт.

Умение измерять ток в контролируемой цепи без ее разрыва приобретает особое значение при пусконаладочных работах, сопряженных с большим количеством различных измерений. При этом исключается ряд нежелательных явлений, связанных с разрывом контролируемой цепи под нагрузкой, и ошибки при восстановлении контролируемой цепи после выполнения соответствующих измерений. Для измерения тока без разрыва контролируемой цепи применяют косвенные методы и специальные устройства.

Электроизмерительные клещи предназначены для измерения электрических величин - тока, напряжения, мощности, фазового угла и др. - без разрыва токовой цепи и без нарушения ее работы. Соответственно измеряемым величинам существуют клещевые амперметры, ампервольтметры, ваттметры и фазометры.

Наибольшее распространение получили клещевые амперметры переменного тока, которые обычно называют токоизмерительными клещами. Они служат для быстрого измерения тока в проводнике без разрыва и без вывода его из работы. Электроизмерительные клещи применяются в установках до 10 кВ включительно.

Для измерения параметров переменного тока используются датчики, работающие по принципу обычного измерительного токового трансформатора. Любой трансформатор имеет первичную и вторичную обмотки, установленные на общем магнитопроводе. Первичное напряжение подается на первичную обмотку, в сердечнике создается переменный магнитный поток, наводящий во вторичной обмотке соответствующую коэффициенту трансформации ЭДС. Токи первичной и вторичной обмоток соотносятся как количества витков во вторичной и первичной обмотках.

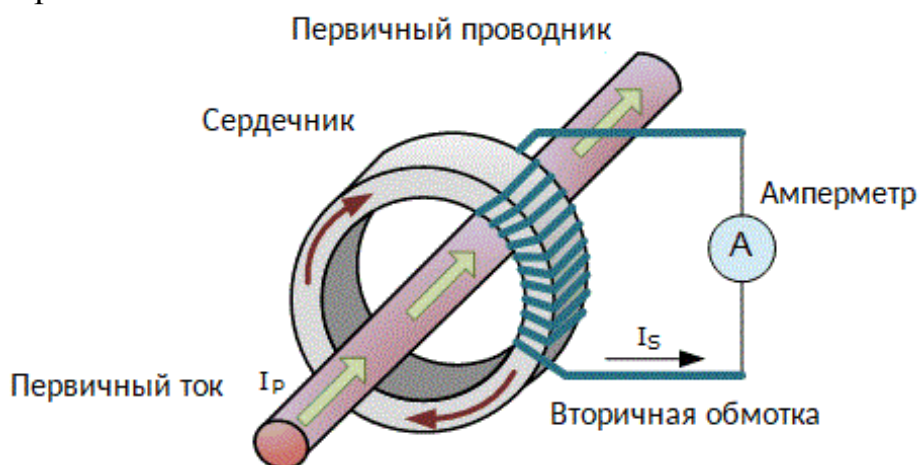


Рисунок 1 – принцип действия электроизмерительных клещей

Так и работает токовый датчик для измерения переменного тока. Магнитопровод в форме клещей замыкается вокруг проводника. Проводник — это первичная обмотка, состоящая из одного единственного витка, значение тока в котором необходимо узнать.

Ток во вторичной обмотке будет пропорционален току в проводнике и отличаться от него в число раз, равное коэффициенту трансформации, то есть во столько раз, сколько витков во вторичной обмотке. Количество витков во вторичной обмотке датчика обычно 1000, 500 или 100.

Если датчик имеет 1000 витков, то клещи имеют обозначение 1000:1 или 1мА/А — это значит что 1 мА в показаниях прибора тождественен 1А в исследуемом проводнике. Или 1А на приборе — 1000 А в проводнике.

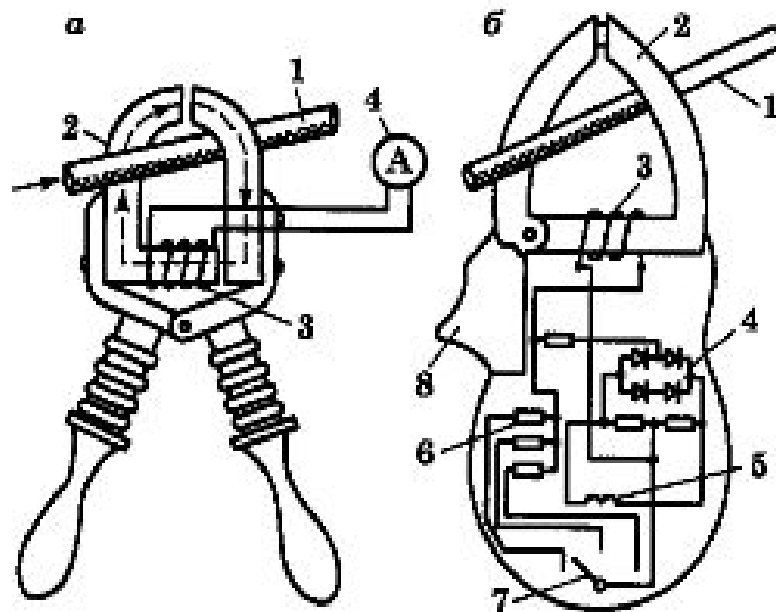


Рисунок 2 – Схемы токоизмерительных клещей переменного тока: 1 - проводник с измеряемым током, 2 - разъемный магнитопровод, 3 - вторичная обмотка, 4 - выпрямительный мостик, 5 - рамка измерительного прибора, 6 - шунтирующий резистор, 7 - переключатель пределов измерений, 8 - рычаг

Существуют токовые клещи, способные измерять не только переменный, но и постоянный ток. В таких клещах принцип их работы основан на эффекте Холла, когда параметры тока выводятся из параметров порождаемого им магнитного поля, воздействующего на полупроводник и инициирующего в нем эффект Холла.

Тонкая пластинка полупроводника устанавливается перпендикулярно магнитному полю тока, который требуется измерить. На пластинку в определенном направлении (допустим вдоль нее) подается ток возбуждения, который отклоняется во внешнем магнитном поле под действием силы Лоренца в поперечном направлении, и тогда в этом направлении на краях пластинки можно измерить ЭДС (напряжение Холла).

При постоянном токе возбуждения через пластинку, ЭДС Холла, как и индукция магнитного поля измеряемого тока, будут пропорциональны измеряемому току. То есть напряжение Холла соответствует току в проводнике, который проходит внутри магнитопровода датчика. Такая схема имеет большие преимущества перед устройствами на базе трансформатора тока.

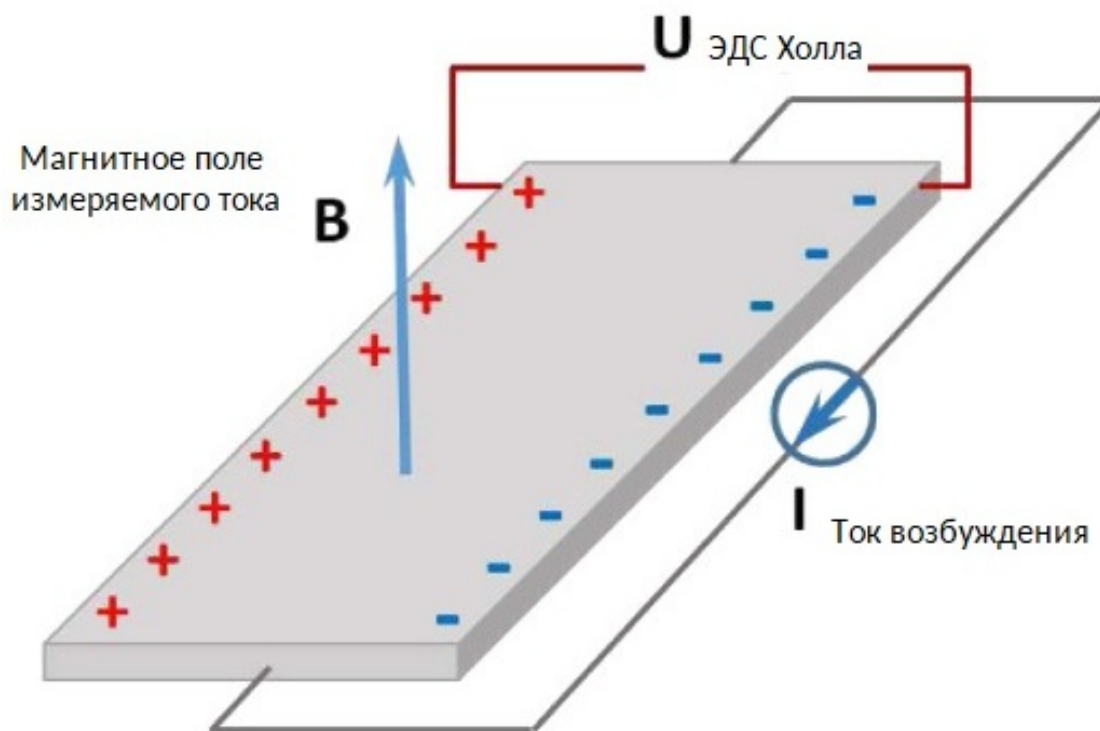


Рисунок 3 – принцип их работы основан на эффекте Холла

Поскольку генерация ЭДС Холла не зависит от направления вектора магнитной индукции, а зависит только от его величины, датчик на основе эффекта Холла измеряет как переменный, так и постоянный ток. К тому же датчик абсолютно точно фиксирует фазу изменения (направления) магнитного поля, а значит пригоден для наблюдения формы тока.

Клещи с датчиком Холла бывают с одним либо с двумя встроенными датчиками. Различные модели клещей обладают широким динамическим диапазоном и частотной характеристикой, линейностью сигнала и высокой точностью.

Область применения таких клещей охватывает всё оборудование с постоянным током до 1500 А без необходимости встраивания дорогих шунтов. Переменный ток частотой в десятки килогерц также измерим при помощи клещей на базе эффекта Холла, причем форма тока может быть самой разной, среднееквадратичное значение будет найдено.

Подводя итог можно сказать, что измерение тока электроизмерительными клещами — это просто и удобно. Результат измерения прибор отображает на своей шкале в виде напряжения или тока пропорциональной измеренному току величины. Достоинство метода заключается еще и в том, что прибор может и не иметь достаточно широкого входного диапазона, тогда как датчик - клещи вполне в состоянии свободно принять проводник даже с очень большим током.

Проводник с измеряемым током не только остается целым, но и всегда гальванически изолирован от цепей измерительного прибора. Сам же прибор может иметь входную цепь с очень высоким импедансом и даже быть заземлен. Здесь нет необходимости как-то регулировать или включать и выключать

питание цепи, параметры которой измеряются клещами, а значит в работе питаемого оборудования не будет простоев.

#### Литература

1. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования / Н.В. Грунтович. –Москва, 2020 -271 с.
2. Лукьянов Т.П. Наладка электроустановок / Т.П. Лукьянов. –Москва:Все союзное учебно-педагогически издательство профтехиздат, 1962 -621 с.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения / В.А. Панфилов. – 8-е изд. - Москва:издательский центр «Академия», 2013 -288 с.
4. Как работают датчики и токовые клещи для измерения постоянного и переменного тока [Электронный ресурс]Electrikinfo. – Режим доступа: <http://elektrik.info/>. – Дата доступа: 05.10.2020.
5. Электроизмерительные клещи – виды, принцип действия, использование [Электронный ресурс] Elektrikschool. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/>. – Дата доступа: 05.10.2020.