

А.Н. Пчелинцев

ВОЛЬТМЕТР В КАЧЕСТВЕ СПИДОМЕТРА

Если велосипедом приходится пользоваться в темное время суток, на нём устанавливаются велогенератор и фара.

Действующее значение ЭДС индукции E_{∂} , возникающей в обмотке генератора, зависит от скорости v_{∂} движения велосипеда. Найдем зависимость от величины v_{∂} напряжения U , какое показывает вольтметр переменного тока, подключенный к генератору. Тогда мы можем использовать этот прибор в качестве спидометра.

Из курса физики известна формула $E_{\partial} = k\omega_p$, где $k = \frac{BSN}{\sqrt{2}}$, B – индукция магнитного поля внутри обмотки из N витков с площадью витка S , $\omega_p = \frac{v_{\partial}}{r}$ – угловая скорость вращения, r – радиус цилиндра генератора, прилегающего к колесу велосипеда. Учитывая то, что омическое сопротивление измерительного прибора во много раз больше индуктивного и омического сопротивления обмотки, можно записать следующее: $U \approx E_{\partial}$.

Следовательно, $U = \frac{k}{r} v_{\partial}$.

Для нахождения величины коэффициента k необязательно знать конструктивные особенности генератора. Можно, например, раскрутить генератор двигателем, и, зная U и ω_p , вычислить значение k . Угловая скорость выражается через частоту f переменного напряжения u , вырабатываемого генератором, как

$$\omega_p = 2\pi f.$$

Наблюдая фигуру Лиссажу (например, эллипс) на экране осциллографа, полученную сложением двух взаимно перпендикулярных колебаний – напряжения с известной частотой f_1 , поданного, например, со зву-

кового генератора, и напряжения u , – можно сделать вывод о том, что $f = f_1$. Тогда

$$k = \frac{U}{2\pi f_1}.$$

Когда учился в десятом классе, в библиотеке попался журнал "Юный техник" (1995 год, №1). Очень нравился, иногда читал. Там нашёл заметку о том, что можно с помощью вольтметра измерить скорость велосипеда, но технические детали не описали. Я подошёл к своему физику с этой заметкой. Проблема состояла в правильной градуировке стрелочного прибора (тогда в школьной лаборатории были только стрелочные вольтметры) в км/ч.

Изучил тему "Электромагнитная индукция" по учебнику и получил линейную зависимость измеряемого напряжения от скорости велосипеда. В неё входили характеристики генератора, которые измерить не представлялось возможным (например, индукция магнитного поля, количество витков), – корпус генератора хорошо запаян.

Что делать? Можно ехать на велосипеде рядом с автомобилем, измерять напряжение, а из автомобиля будут кричать скорость на спидометре. Такой способ страдает большой погрешностью, поэтому эту очевидность не стали брать в рассмотрение.

Физик придумал оригинальный способ. В основу положен принцип сложения взаимоперпендикулярных гармонических колебаний на осциллографе (фигуры Лиссажу). Нужно раскрутить генератор двигателем с постоянной угловой скоростью, установив двигатель напротив генератора (потом закрепили их на деревянной платформе). Двигатель дома отец нашёл (от чего, не помню). Я начертил стыковочную втулку и отдал знакомому токаря для вытачивания. Для питания двигателя в школе достали источник постоянного напряжения от 3 до 12 В с переключателем – так можно регулировать обороты. Напряжение с генератора снимал стрелочным мультиметром. Осталось узнать обороты в секунду.

Заметим, что частота переменного напряжения равна частоте вращения. Тогда нужно на горизонтальные пластины осциллографа подать сигнал с генератора, на вертикальные – образцовый сигнал (гармонический сигнал с известной частотой). Отец принёс из телемастерской генератор переменного тока с частотой от 20 до нескольких тысяч герц.

Собрав всю установку, увидел подрагивающий эллипс на осциллографе при подборе частоты на генераторе образцового сигнала. Значит, частоты примерно совпали. Когда генератора образцового сигнала ещё не было, физик в лаборатории нашёл понижающий трансформатор, и мы подали 50 Гц из сети на вертикальные пластины осциллографа. Я тогда пытался подобрать питающее напряжение на двигателе, чтобы частоты совпали, снабдив цепь двигателя реостатом.

В общем, снял несколько точек и получил коэффициент пропорциональности между напряжением и скоростью. К сожалению, никаких записей обработки эксперимента не сохранилось (и фотографий не сделали). До градуировки шкалы вольтметра дело не дошло – ограничился получением зависимости.