

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

... а вдруг оно влияет ...

В.ПОЛЯКОВ, г. Москва

Окружающая нас среда, увы, не так уж безопасна для человека. Причем делает ее небезопасной в основном сам человек. Долгое время экологи основное внимание уделяли проблемам загрязнения окружающей среды продуктами деятельности человека и, в первую очередь, отходами производства. Но с ростом “энерговооруженности” нашего бытия все больше и больше на первый план начинают выходить вопросы, связанные с воздействием на человека электромагнитных полей различного происхождения. Опасность их в том, что они на прямую не воспринимаются человеком — невидимы, неслышимы и т.д. “Увидеть” эти поля, оценить степень их опасности для человека — значит, защититься от их воздействия.

Вопросы воздействия высокочастотных полей на человека изучаются давно и соответствующие ограничения уже внесены в федеральные санитарные правила и нормы. Меньше говорят о воздействии полей с частотой промышленной сети (50 Гц). Во всяком случае отечественных нормативных документов по ним пока обнаружить не удалось — известные нам документы регламентируют параметры излучений на частотах выше 10 кГц.

В некоторых странах ограничения на поля с частотой промышленной сети существуют, и поэтому читателям журнала может быть небезынтересно оценить и этот параметр окружающей среды в своей квартире. Простой прибор, описание которого приведено в публикуемой здесь статье, позволяет провести такую оценку. Мы понимаем, что для серьезного разговора надо иметь все-таки федеральные нормативы и прошедшую поверку в установленном порядке аппаратуру. Но с чего то ведь надо начинать!

Проблема измерения переменных магнитных полей возникла неожиданно: автору позвонил хороший знакомый, живущий на первом этаже большого дома в квартире, расположенной рядом с электрощитовой комнатой, к которой подходил питающий кабель и располагалось все силовое электрооборудование. Он предположил, что электромагнитные поля в его квартире превышают допустимые экологические нормы и могут быть вредны для здоровья. Что касается самих норм, то в литературе ему удалось найти лишь значение магнитной индукции, считающееся безопасным для жилых помещений в Швеции и составляющее 0,2 мкТл (микроТесла).

Прибора для измерения переменных магнитных полей промышленной частоты у нас, разумеется, не было, и существуют ли таковые вообще, мы не знали. Магнитометр пришлось разработать и изготовить самостоятельно. Конструкция получилась достаточно простой и легко повторяемой, поэтому она и предлагается вниманию читателей. Что же касается измерений в квартире знакомого, то, забегая вперед, скажем: были получены значения 1,5...2 мкТл в кухне, через стену, соседствующей со щитовой (почти десятикратное превышение шведской нормы), и 0,1...0,2 мкТл в другой жилой комнате, удаленной от щитовой на 5 м. Оставив приятеля со своими невеселыми размышлениями по этому поводу (не так то просто в наше время поменять квартиру), перейдем к описанию самого прибора. Для начала вспомним немного теорию.

Как известно, напряженность магнитного поля H зависит не только от электрических токов, его создающих, но и от их конфигурации в пространстве. H измеряется в А/м (амперах на метр). Однако действие магнитного поля на окружающие предметы (притяжение предметов из ферромагнитного вещества, крутящий момент, действующий на рамки с током, физиологическое влияние на живые организмы) определяется не напряженностью поля, а магнитной индукцией B , измеряемой в физических единицах Тесла.

Единица названа так в честь знаменитого американского (сербского происхождения) ученого и электротехника Николы Тесла, работавшего на рубеже прошлого и нынешнего веков. В свободном пространстве $B = \mu_0 \cdot H$, где μ_0 — магнитная постоянная, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м (здесь Гн — Генри, единица индуктивности). В случае, если индукция измеряется в однородной среде, обладающей магнитными свойствами, $B = \mu \cdot \mu_0 \cdot H$, где μ — относительная магнитная проницаемость среды.

Для ферромагнитных материалов (стали, железа, никеля, хрома, их сплавов и некоторых других материалов) относительная магнитная проницаемость составляет сотни и даже тысячи. Во столько же раз возрастает и магнитная индукция, именно по этой причине все устройства, работающие на переменном токе промышленной частоты (трансформаторы, электромоторы и т.д.), снабжают ферромагнитными магнитопроводами (сердечниками). Когда среда неоднородна, т.е. имеет локальные ферромагнитные включения, говорят об эффективной относи-

тельной магнитной проницаемости, которая меньше μ , но может быть значительно больше единицы. Неудивительно поэтому, что железная арматура и другие предметы могут и “усиливать” магнитную индукцию.

Для измерения магнитной индукции можно применить разные методы. Существуют, например, полупроводниковые датчики Холла, непосредственно преобразующие значение индукции в разность электрических потенциалов, но они вряд ли относятся к широко доступным для радиолюбителей компонентам. Наша задача облегчается тем, что надо измерять только переменное магнитное поле, а не постоянное поле земного магнетизма. Кстати, индукция магнитного поля Земли может достигать 10...40 мкТл, но поскольку оно постоянное и не наводит индукционных токов, физиологическое его воздействие слабее.

Для измерения переменного магнитного поля можно использовать хорошо известный и легко просчитываемый закон электромагнитной индукции Фарадея: ЭДС, наводимая в любом замкнутом контуре, равна скорости изменения магнитного потока через этот контур, $U = d\Phi/dt$. Магнитный поток равен произведению магнитной индукции на площадь, охватываемую контуром, $\Phi = B \cdot S$. В качестве контура удобно взять катушку в виде кольца достаточно большого диаметра (чтобы увеличить ее площадь), содержащую N витков, тогда $\Phi = B \cdot S \cdot N$. Если индукция B изменяется по косинусоидальному закону $B = B_m \cos \omega t$ с угловой частотой $\omega = 2\pi f$, то $U = \omega \cdot B_m \cdot S \cdot N \sin \omega t$, т.е. напряжение на выводах катушки прямо пропорционально магнитной индукции и частоте колебаний поля.

Частотная зависимость устраняется простой интегрирующей RC-цепью, а на постоянное магнитное поле (нулевая частота) неподвижная катушка не реагирует вообще. Расчет показал, что для частоты $f=50$ Гц и катушки разумных размеров напряжение может достигать единиц милливольт, поэтому для четкой регистрации результатов измерений необходим усилитель. На выходе усилителя можно установить детектор и измерительный прибор. Теоритически — магнитометр готов, посмотрим, как его получить на практике.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 1. Измерительную катушку $L1$ мы не мотали, а использовали готовую, идеально подошедшую петлю размагничивания кинескопа от выброшенного телевизора. Петля содержит 110 витков провода ПЭЛ 0,41 (следует заметить, что диаметр провода особого значения не имеет), обмотанного тесьмой и пластиковой лентой. Петлю надо очистить влажной тряпочкой от пыли и грязи и расправить в правильную окружность. Диаметр окружности получается 380 мм (тоже некритично).

Сигнал, наведенный в катушке, через разъемы $X1$, $X2$ и единственный кабель подается на интегрирующую цепочку $R1C1$, выполняющую роль фильтра верхних частот с частотой среза 50 Гц. По этой причине АЧХ всего прибора имеет линейный спад на частотах ниже 50 Гц и горизонтальна на более высоких частотах. Таким образом, магнитометр реагирует не только на