

замыкания (Fault), который позволяет моделировать, как междуфазные замыкания, так и замыкания типа «фаза-земля».

Примеры показывают, что с помощью СДМ Simulink-MatLab можно исследовать методом вычислительного эксперимента работу достаточно сложных электроэнергетических систем с различными типами источников энергии, а также поведение защит и автоматики при различных аварийных режимах.

Литература

1. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSistem и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
2. MatLab version 7.5.0.342 (R2007b).
3. www.mathworks.com.

УДК 621.3

ЗВУКОВОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Ковальчук А.А.

Научный руководитель – ЖУКОВСКАЯ Т.Е.

Встречаются разные виды динамических головок, среди которых наиболее распространены электродинамические, электростатические, ленточные, выполненные по технологии NXT и т. д.

Электродинамические – их обобщенное устройство представлено на рисунке 1. Катушка обычно имеет один или несколько слоев обмотки, основное правило – длина провода должна быть значительна. В каркасе катушки делают специальные отверстия, чтобы избежать компрессии и перегрева. Производители не прекращают работу над уменьшением габаритных размеров динамической головки без потери ее функциональности. Снижение размеров также важно в связи с тем, что чем меньше занимаемое динамиком место, тем меньше направленность звуковых волн, но отметим, что чем больше диаметр диффузора, тем меньший ход ему нужен для воспроизведения низких частот.

Диффузор – служит для воспроизведения звука. Основным материалом для производства диффузоров являются целлюлоза.

Верхний подвес – с помощью него диффузор прикрепляется к раме – корпусу. Может формироваться вместе с диффузором в процессе его формовки, а может изготавливаться отдельно из другого материала – латекса, пенополиуретана:

- S-образный (двухторный – две полуволны). Более сложный технологически подвес (как правило, изготавливается из хлопчатобумажного волокна);
- синусоидальный подвес. Чаще всего встречается в комбинации «подвес + диффузор»;
- циклоидный подвес в виде затухающей волны;

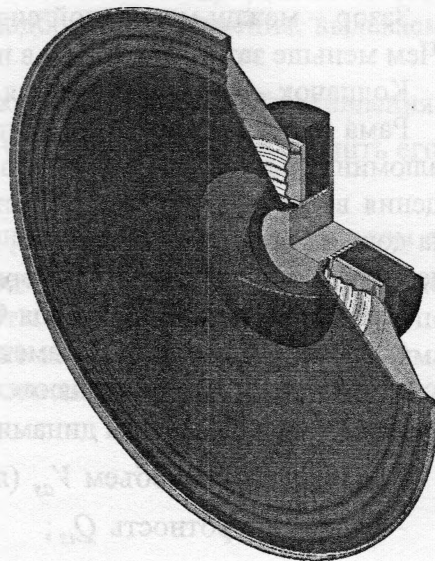


Рис. 1. Устройство электродинамического громкоговорителя

– подвес типа «пила». Технологически сложный подвес, в 80 процентах случаев изготавливается из хлопчатобумажной ткани;

– тангенциальный подвес. Внешне напоминает треугольники, вписанные в окружность.

Нижний подвес – предназначен для центрирования хода звуковой катушки относительно магнитной системы.

Магнитная система – создаёт магнитное поле, в котором перемещается катушка. Очевидно, что чем сильнее это поле, тем больше амплитуда хода диффузора, поэтому конструкторы стремятся использовать высокоэффективные магнитные материалы.

Керн – передаёт магнитное поле внутрь катушки, но не должен сам намагничиваться, поэтому изготавливается из магнитомягкого материала.

Звуковая катушка – к ней подводится мощность, развиваемая усилителем. Активное сопротивление катушки (по постоянному току):

- от 2 Ом (для низковольтных систем);
- 4–6–8 Ом (широко распространены);
- 16–32 Ом (для экономичных или специальных целей).

Катушка чаще всего наматывается в два слоя обычным проводом в лаковой изоляции, но в особо мощных конструкциях провод может быть и прямоугольного сечения – для увеличения эффективного заполнения зазора.

Выводы катушки – выполняются специальным проводом «мишурой» из перемешанных тонких медных и шёлковых нитей. Выводы не должны мешать перемещению диффузора.

Каркас катушки – «носитель» катушки, изготавливается из тонкого прочного материала, не экранирующего магнитное поле и обладающего минимальной массой.

Зазор – между магнитной системой и керном, где перемещается звуковая катушка. Чем меньше зазор, тем выше в нём индуктивность.

Колпачок – предназначен для защиты зазора от мусора.

Рама – она же каркас. Её выполняют из пластмассы, штампованного листа, литьё из алюминиевых сплавов. Обычно в раме присутствуют «окна» для свободного перемещения воздуха, но в высокочастотных динамических головках это не обязательно. Рама должна быть очень жёсткой, не резонировать, быть удобной при установке динамического громкоговорителя в корпус.

Измерение параметров Тиля-Смолла.

Самыми основными параметрами, по которым можно рассчитать и изготовить акустическое оформление являются:

- резонансная частота динамика f_s (Гц);
- эквивалентный объём V_{as} (литров или кубических футов);
- полная добротность Q_{ts} ;
- сопротивление постоянному току R_e (Ом);
- механическую добротность Q_{ms} ;
- электрическую добротность Q_{es} ;
- площадь диффузора S_d (m^2) или его диаметр D_{ia} (см);
- чувствительность S_{PL} (dB);
- индуктивность L_e (Гн);
- импеданс Z (Ом);
- пиковую мощность P_e (Вт);
- массу подвижной системы M_{ms} (г);

- относительную жесткость C_{ms} (м/Н);
- механическое сопротивление R_{ms} (кг/с);
- двигательную мощность B_L .

Измерение R_e , f_s , f_c , Q_{es} , Q_{ms} , Q_{ts} , Q_{tc} , V_{as} , C_{ms} , S_d .

Для проведения измерений параметров понадобится следующее оборудование:

- вольтметр;
- генератор сигналов звуковой частоты;
- частотомер;
- мощный (не менее 5 ват) резистор сопротивлением 1000 Ом;
- точный ($\pm 1\%$) резистор сопротивлением 10 Ом;
- провода и зажимы для соединения всего этого в единую схему (рисунок 2).

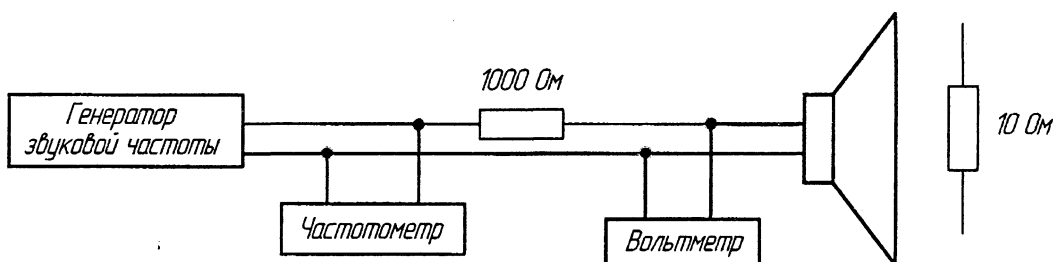


Рис. 2. Схема для измерений

Калибровка: Для начала необходимо откалибровать вольтметр. Для этого вместо динамика подсоединяется сопротивление 10 Ом и подбором напряжения, выдаваемого генератором, надо добиться напряжения 0,01 В.

Нахождение R_e : теперь, подсоединив вместо калибровочного сопротивления динамик и выставив на генераторе частоту, близкую к 0 Гц, мы можем определить его сопротивление постоянному току R_e .

Для определения f_s и R_{max} : динамик должен располагаться в свободном пространстве. Резонансная частота динамика находится по пику его импеданса (Z -характеристике). При плавном изменении частоты генератора регистрируют показания вольтметра. Та частота, на которой напряжение на вольтметре будет максимальным – является частотой основного резонанса для этого динамика (рисунок 3).

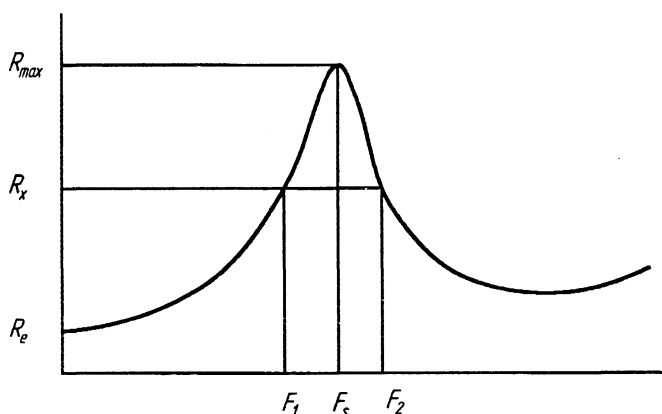


Рис. 3. График зависимости сопротивления громкоговорителя от частоты

Параметры Q_{ms} , Q_{es} и Q_{ts} находятся по следующим формулам:

$$Q_{ms} = \frac{f_s \sqrt{R_0}}{F_2 - F_1};$$

$$Q_{es} = \frac{Q_{ms}}{R_0 - 1};$$

$$Q_{ts} = \frac{Q_{ms}}{R_0}.$$

Как видно, это последовательное нахождение дополнительных параметров R_0 , R_x и измерение неизвестных нам ранее частот f_1 и f_2 . Это частоты, при которых сопротивление динамика равно R_x . Поскольку R_x всегда меньше R_{\max} , то и частот будет две – одна несколько меньше f_s , а другая несколько больше.

$$R_0 = \frac{R_{\max}}{R_e};$$

$$R_x = \sqrt{R_{\max} R_e} = \sqrt{R_0} R_e.$$

Нахождение S_d – так называемая эффективная излучающая поверхность диффузора:

$$S_d = \pi R^2.$$

Радиусом R в данном случае будет являться половина расстояния от середины ширины подвеса одной стороны до середины подвеса противоположной.

Нахождение индуктивности катушки динамика L . Понадобится импеданс звуковой катушки на частоте около 1000 Гц:

$$Z^2 = R_e^2 + X_L^2.$$

Поскольку Z и R_e известны, то формула преобразуется к:

$$Z^2 = R_e^2 + X_L^2.$$

Найдя реактивное сопротивление X_L на частоте F то индуктивность:

$$L = \frac{X_L}{2\pi F}.$$

Измерения V_{as} , есть несколько способов измерения эквивалентного объема, но проще использовать два: метод «добавочной массы» и метод «добавочного объема».

– требуется несколько грузиков известного веса;

– требуется наличие герметичного ящика заранее известного объема с соответствующим отверстием под динамик.

Нахождение V_{as} методом добавочной массы. Для начала нужно равномерно нагрузить диффузор грузиками и вновь измерить его резонансную частоту, записав ее как f'_s . Она должна быть ниже, чем f_s . Масса грузиков берется приблизительно 10 граммов на каждый дюйм диаметра диффузора. Затем необходимо рассчитать C_{ms} на основе полученных результатов по формуле:

$$C_{ms} = \left[\frac{1}{(2\pi)^2} M \right] \left[(f_s + f'_s) \frac{f_s - f'_s}{(f_s f'_s)^2} \right],$$

где M – масса добавленных грузиков в килограммах. Исходя из полученных результатов V_{as} (m^3) рассчитывается по формуле:

$$V_{as} = 1,4 \cdot 10^5 S_d^2 C_{ms}.$$

Нахождение V_{as} методом добавочного объема. Нужно герметично закрепить динамик в измерительном ящике.

Объем ящика обозначен как V_b . Затем нужно произвести измерения f_c и, соответственно, вычислить Q_{mc} , Q_{ec} и Q_{tc} . Методика измерения аналогична описанной выше. Эквивалентный объем определяют по формуле:

$$V_{as} = V_b \left(\frac{F_s Q_{ec}}{F_s Q_{es}} - 1 \right).$$

Полученных в результате всех этих измерений данных достаточно для дальнейшего расчета акустического оформления низкочастотного звена достаточно высокого класса.

УДК 681.7.068

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ СТАБИЛИЗАТОР ТОКА

Ивашко О.М.

Научный руководитель – МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

Стабилизаторы тока (СТ) применяются для поддержания на номинальном или заданном уровне тока заряда аккумуляторных батарей, стабилизации качества гальванических технологических процессов при металлизации поверхности и уменьшении шероховатости металлических изделий, стабилизации тока возбуждения датчика Холла и в других местах, где требуется, чтобы проходящий ток был стабильным с заданной точностью [1].

Бывают СТ параметрические и компенсационные. Параметрические СТ стабилизируют ток благодаря тому, что ток коллектора биполярного транзистора или ток стока полевого транзистора изменяется в небольших пределах при стабильном соответственно токе базы или напряжении исток-затвор при изменении в широких пределах напряжения соответственно на коллекторе или стоке. Компенсационные СТ состоят из усилителя ошибки, регулирующего элемента, резистора тока, включённого последовательно с нагрузкой и источника опорного напряжения (ИОН). Напряжение на токовом резисторе сравнивается с ИОН. Усиленный сигнал ошибки сравнения управляет степенью открытия регулирующего элемента, таким образом, чтобы ток оставался на прежнем уровне в пределах возможностей СТ. В качестве ИОН чаще всего используют параметрический стабилизатор, состоящий из последовательно соединенных резистора или параметрического СТ и стабилитрона или стабистора. Стабилитрон лучше выбрать на небольшое (3,3–9,6 В) напряжение, чтобы резистор тока можно было использовать с меньшей допустимой мощностью. При этом стабилитрон надо выбирать с небольшим температурным коэффициентом напряжения (т.к.н.), то есть стабилитрон желательно выбирать прецизионный (КС196Г, Д818Е, КС191Р) или стабилизировать температуру его корпуса. Стабистор отличается от стабилитрона тем, что рабочей у него является прямая ветвь вольтамперной характеристики, а не обратная как у стабилитрона и минимально возможное напряжение стабилизации у него меньше, чем у стабилитрона. Так, например, стабисторы 2С107А и 7ГЕ1А-С имеют номинальное напряжение стабилизации, соответственно, всего 0,7 и 0,72 В, а известный стабилитрон с минимальным напряжением КС133А – 3,3 В. Усилитель ошибки может быть выполнен на транзисторе, но лучшая стабильность тока получается, если он выполнен на операционном усилителе (ОУ), имеющем большой коэффициент усиления по напряжению (10^4 – 10^6) и