

Лабораторная работа №3

**Исследование регуляторов яркости, управление яркостью светосигнальных систем :
в программной среде моделирования электронных схем Electronics Workbench 5.12.**

Цель работы:

**Ознакомиться с работой регулятора яркости, принципа действия резонансного моста.
Исследовать осциллограммы токов и напряжений .**

Регуляторы яркости.

Электрическое питание посадочных огней, соединенных через индивидуальные трансформаторы последовательно, производится от специального аппарата, называемого регулятором яркости.

Основные технические требования, предъявляемые к регулятору яркости, следующие:

- 1) преобразование стандартной напряжения аэродромной сети в необходимое высокое напряжение;
- 2) возможность получения нескольких значений выходного тока с тем, чтобы питание ламп огней можно было производить при нескольких напряжениях, соответствующих необходимым ступеням яркости;
- 3) постоянство силы тока во вторичной цепи независимо от изменяющейся нагрузки.

Первые два требования сравнительно просто выполнимы применением обычных повышающих трансформаторов с секционированными обмотками. Третье, основное требование, — постоянство силы тока в выходной цепи, достигается применением в регуляторе яркости специальной электрической схемы резонансного моста переменного тока или магнитных усилителей.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РЕЗОНАНСНОГО МОСТА

На рис. показала принципиальная схема резонансного моста, используемого в регуляторе яркости.

Значения индуктивности дроссельных катушек и емкостей конденсаторов подобраны так, что индуктивные сопротивления катушек равны емкостным сопротивлениям конденсатора, т. е.

$$\omega L = \frac{1}{\omega C},$$

где ω — угловая частота.

В данном случае мостовая схема является уравновешенной. Для вывода необходимых соотношений для резонансного моста введем следующие обозначения:

- $U_{вх}$ — входное напряжение (напряжение сети);
- $U_{п}$ — напряжение на полезной нагрузке;
- I — сила тока в питающей сети;
- I_L — сила тока в катушке самоиндукции;
- I_c — сила тока в конденсаторе;
- $I_{п}$ — сила тока полезной нагрузки.

— входное напряжение (напряжение сети); — напряжение на полезной нагрузке;

— сила тока в питающей сети; — сила тока в катушке самоиндукции;
— сила тока в конденсаторе; — сила тока полезной нагрузки.

Направления мгновенных токов показаны на рис. . Применяв первый закон Кирхгофа для точки разветвления «В» (рис.), можно написать:

$$\bar{I}_L = \bar{I}_n + \bar{I}_c,$$

$$\bar{I}_c = \bar{I}_L - \bar{I}_n.$$

откуда:

Для падения напряжения между точками А и Д по второму закону Кирхгофа имеем:

$$U_{\text{вх}} = \bar{I}_L x_L - \bar{I}_c x_c = \bar{I}_L \omega L - \bar{I}_c \frac{1}{\omega C}.$$

Перед вторым членом в выражении поставлен знак минус потому, что емкостной ток опережает индуктивный на 180° .

Заменив в уравнении I_L из выражения () и I_c из выражения (), получим:

$$\bar{U}_{\text{вх}} = (\bar{I}_n + \bar{I}_c) \omega L - \bar{I} \frac{1}{\omega C} = \bar{I}_n \omega L + \bar{I}_c \omega L - \bar{I}_c \frac{1}{\omega C} = \bar{I}_n \omega L + \bar{I} \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right).$$

$$\bar{U}_{\text{вх}} = \bar{I}_L \omega L - (\bar{I}_L - \bar{I}_n) \frac{1}{\omega C} = \bar{I}_L \omega L - \bar{I}_L \frac{1}{\omega C} + \bar{I}_n \frac{1}{\omega C} = \bar{I}_n \frac{1}{\omega C} + \bar{I}_L \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right).$$

Так как мост уравновешен и вторые члены выражений () и () равны нулю, то:

$$\bar{U}_{\text{вх}} = \bar{I}_n \omega L = \bar{I}_n \frac{1}{\omega C},$$

откуда:

$$\bar{I}_n = \frac{\bar{U}_{\text{вх}}}{\omega L} = \bar{U}_{\text{вх}} \omega C.$$

Это выражение показывает, что ток нагрузки при постоянных значениях входного напряжения, индуктивности и емкости моста является величиной постоянной и не зависит от сопротивления нагрузки.

Мощность же, потребляемая из сети, и мощность выходной цепи будет увеличиваться с увеличением нагрузки.

В первичной цепи с увеличением нагрузки увеличивается сила тока, а в выходной цепи увеличивается напряжение.

Для напряжения в выходной цепи будет действительно уравнение:

$$\bar{U}_n = \bar{I}_n z_n$$

Заменяя в этом уравнении I_n его значением из выражения (), получим:
$$\bar{U}_n = \bar{I}_n z_n = \frac{\bar{U}_{вх}}{\omega L} z_n = \bar{U}_{вх} \omega C z_n .$$

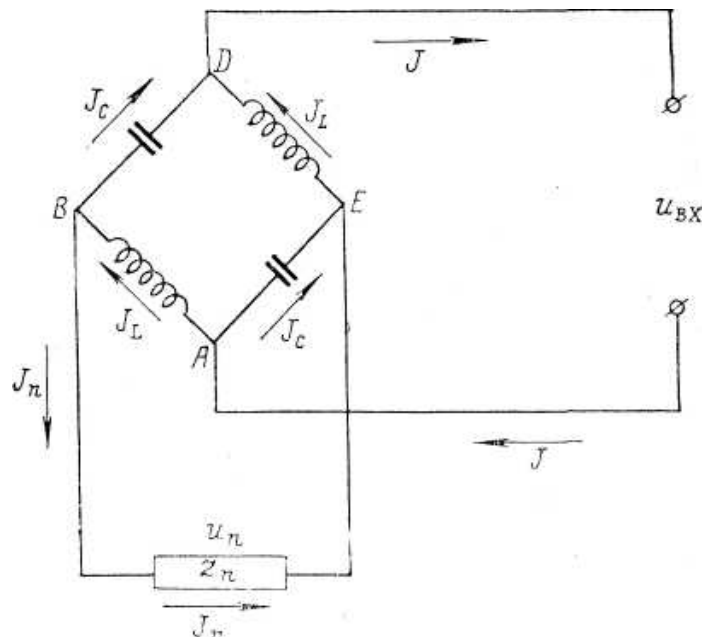


Рис. . Принципиальная электрическая схема резонансного моста

Это выражение показывает, что напряжение в выходной цепи резонансного моста прямо пропорционально сопротивлению нагрузки.

При минимальном значении сопротивления нагрузки, т. е. когда $Z_n = 0$, что равносильно короткому замыканию в цепи нагрузки, напряжение на выходе моста будет иметь нулевое значение, а при $Z = \infty$; что равносильно разрыву в цепи нагрузки, напряжение на выходе моста возрастает до бесконечности.

Таким образом, выходная цепь резонансного моста не боится короткого замыкания и не допускает разрывов в своей цепи, т. е. обладает противоположными свойствами по сравнению с обычными схемами.

Для полной характеристики резонансного моста следует определить, от каких параметров зависит входной ток моста, т. е. ток, потребляемый резонансным мостом от сети.

Для контура ВАЕ (рис.) в соответствии со вторым законом Кирхгофа можно написать равенство:

$$\bar{I}_n z_n + \bar{I}_L \omega L + \bar{I}_c \frac{1}{\omega C} = 0,$$

так как мост уравновешен и справедливо равенство

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L$$

$$\bar{I} = \bar{I}_L + \bar{I}_c;$$

и мы будем иметь:

$$\bar{I}_n z_n + \bar{I}_L \omega L + \bar{I}_c \omega L = \bar{I}_n z_n + (\bar{I}_L + \bar{I}_c) \omega L = \bar{I}_n z_n + \bar{I} \omega L = 0,$$

на основании этого уравнения и выражения получим:

$$\bar{I} = - \frac{\bar{I}_n z_n}{\omega L} = - \frac{\bar{U}_{\text{вх}}}{(\omega L)^2} z_n.$$

Из полученного выражения следует, что ток, потребляемый, резонансным мостом из сети, прямо пропорционален сопротивлению нагрузки, включенной в выходную цепь моста.

Мы рассмотрели основные закономерности для идеального резонансного моста переменного тока, т. е. для такого случая, когда отсутствуют активные потери в индуктивных и емкостных сопротивлениях, установленных в плечах моста, и когда строго соблюдается равенство:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}.$$

В реальных схемах резонансного моста нельзя обеспечить строгое соблюдение этого равенства при всех режимах работы вследствие:

- а) различных активных потерь в дросселях и конденсаторах (в конденсаторах они составляют $\sim 1\%$, а в дросселях — около 5% от реактивной мощности);
- б) неточного подбора величин емкости конденсаторов и индуктивности дросселей (по техническим условиям для них имеются определенные допуски от номинального значения);
- в) колебания частоты питающей сети.

В этом случае полученные выше выражения для выходного тока, выходного напряжения и тока, потребляемого из сети, будут давать результаты, несколько отличные от действительных значений.

Это приводит к тому, что выходной ток I_n при изменении нагрузки не будет иметь постоянную величину. Выходное напряжение и входной ток при крайних значениях нагрузки, т. е. при $Z_n = \infty$ и $Z_n = 0$, соответственно не возрастают до бесконечно большого значения и не снижаются до нуля, а имеют некоторые конечные значения, но приближающиеся к этим величинам.

Чтобы избежать чрезмерного повышения напряжения при обрыве в цепи нагрузки, выходная диагональ резонансного моста подключается к нагрузке через специальный изолирующий (выходной) трансформатор. Обычно коэффициент трансформации этого трансформатора равен единице. В этом случае при обрывах в цепи нагрузки выходная диагональ резонансного моста остается замкнутой на первичную обмотку изолирующего трансформатора, а величина тока в выходной диагонали моста равна току холостого хода трансформатора.

Наступающее при этом магнитное насыщение в изолирующем трансформаторе ограничивает напряжение на выходе моста.

К резонансному мосту может быть подано любое напряжение, в том

числе и стандартное сетевое напряжение в 220 или 380 в.

Если резонансный мост питать таким напряжением, то для получения необходимой мощности регулятора яркости потребуются конденсаторы и дроссели большой емкости и индуктивности.

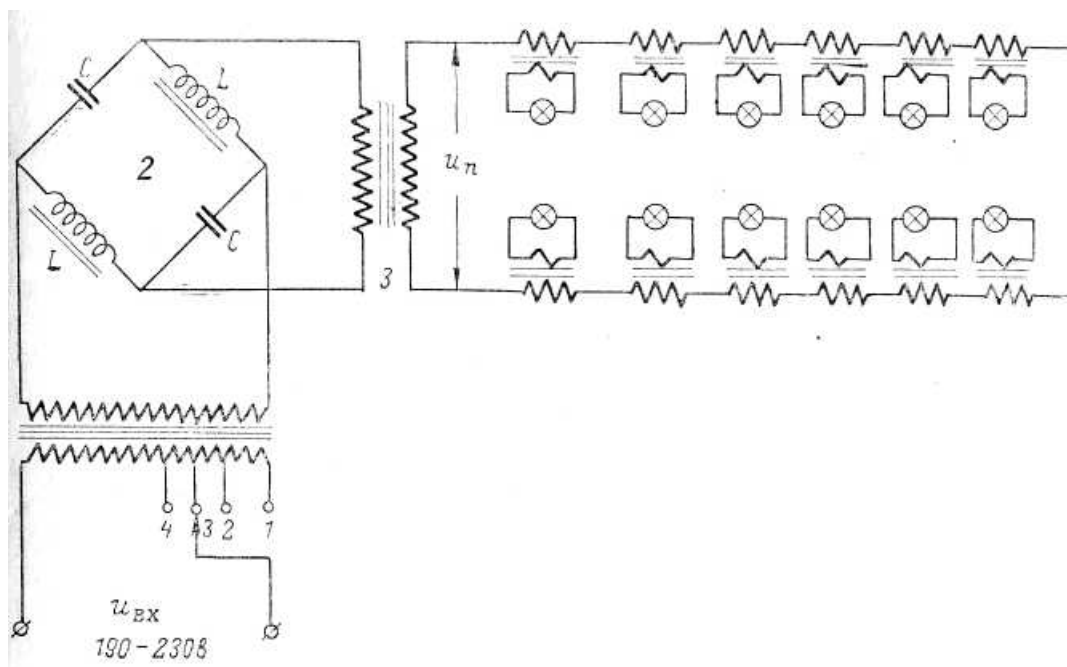


Рис. . Принципиальная схема питания огней ВПП при помощи регулятора яркости:

1 — регулирующий трансформатор; 2 — резонансный мост, 3 — изолирующий трансформатор

Необходимое выходное напряжение резонансного моста из уравнения () определится следующим выражением:

$$\bar{U}_n = \frac{\bar{U}_{BX}}{\omega L} Z_n = \bar{U}_{BX} \omega C z_n .$$

Из этого уравнения следует, что для уменьшения величины емкости и индуктивности моста выгодно повысить входное напряжение.

Повышение напряжения сети производится при помощи регулировочного трансформатора, который служит также для регулировки ступеней яркости огней.

Общая принципиальная схема резонансного моста, применяемого в регуляторах яркости для питания (последовательно соединенных огней, показана на рис. .

При подключении сетевого напряжения к клемме 4 регулирующего трансформатора на резонансный мост подается наибольшее входное

напряжение, в выходной цепи течет номинальный ток, и лампы огней горят при номинальном напряжении на полную яркость. При подключении сетевого напряжения к другим клеммам выходное напряжение понизится, уменьшится ток в цепи нагрузки,

согласно выражению () $I_n = \frac{U_{ВХ}}{\omega L}$ и, следовательно, лампы будут гореть под меньшим напряжением. Минимальную яркость огни будут иметь при подключении сетевого напряжения к клемме 1.

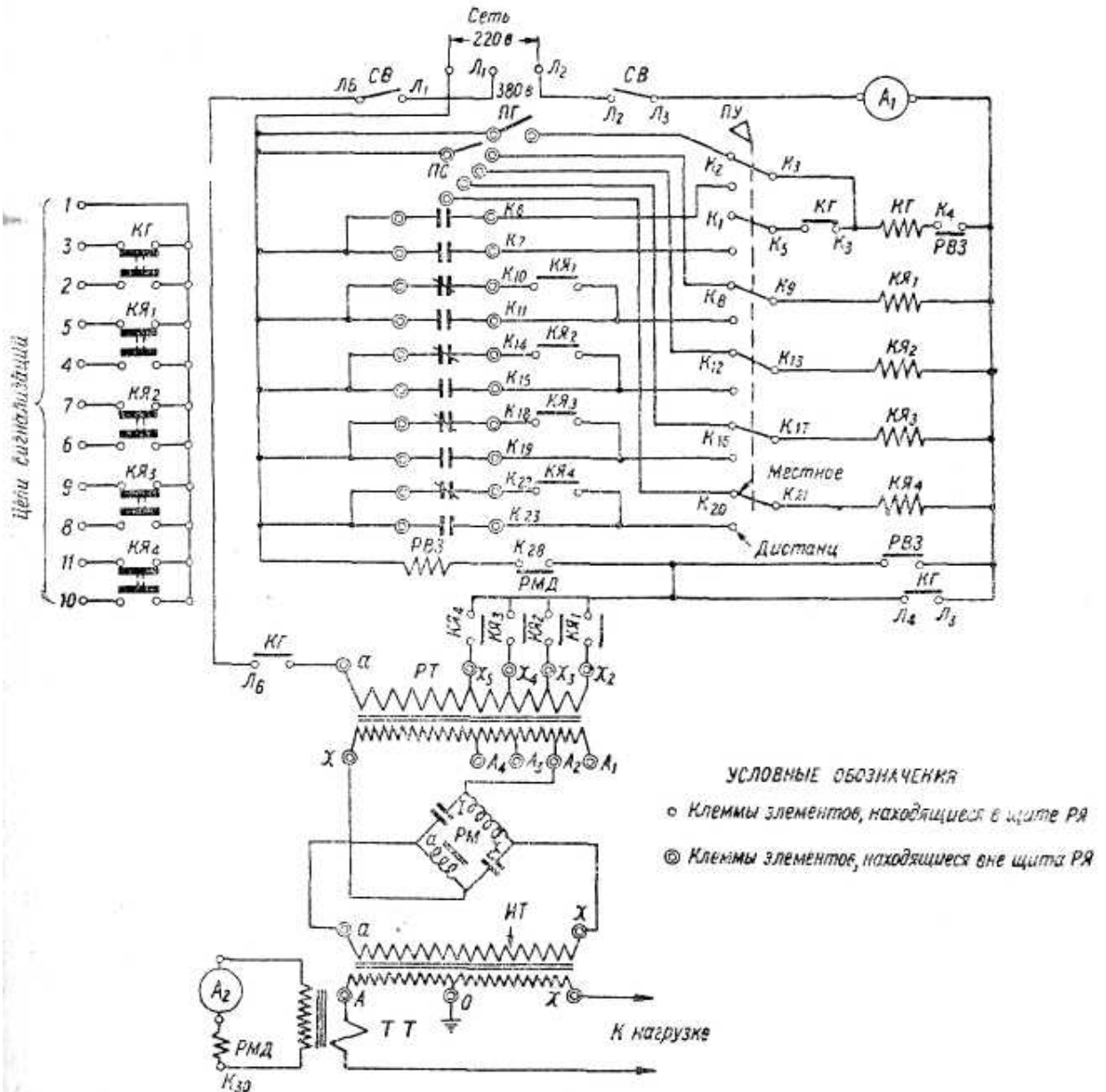


Рис. Принципиальная электрическая схема регулятора яркости типа РН-45:

КГ — контактор главный; КЯ₁ — контактор первой яркости; КЯ₂ — контактор второй яркости; КЯ₃ — контактор третьей яркости; КЯ₄ — контактор четвертой яркости; ТТ — трансформатор тока; ИТ — изолирующий трансформатор; РТ — регулирующий трансформатор; РВЗ — реле времени защиты; РМД — реле мгновенного действия; РМ — резонансный мост; А₁ — амперметр контроля сетевого тока; А₂ — амперметр контроля нагрузочного тока; ПУ — универсальный переключатель управления; СВ — сетевой выключатель; ПС — переключатель местного управления ступенями яркости; ПГ — переключатель управления главным контактором

