

УДК 621.576

СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН КАК ФИЛЬТРОВ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

Чучков А.В., Романович Н.М.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Суходолов Ю.В.

Повышением эффективности производства, передачи и распределения электроэнергии было и остаётся одной из важнейших проблем современной энергетики. В настоящее время большая часть промышленной и коммерческой нагрузки в основном является нелинейной, искажения, создаваемые ими в низковольтных распределительных, сетях необходимо снижать до уровня определённого ГОСТа.

Это является причиной низкого качества электроэнергии из-за высокого уровня высших гармоник тока.

Негативное влияние гармонических составляющих напряжения: дополнительные потери в трансформаторах, дополнительные потери в шинпроводах, тепловое старение изоляции, резонансные явления на частотах высших гармоник, влияние высших гармоник на работу устройств защиты энергосистем, снижение точности работы.

В условиях несинусоидальности тока ухудшаются условия работы батарей конденсаторов.

Одним из эффективных средств борьбы с искажением в устройстве – это использование пассивных фильтров, подключенного параллельно к искажающей нагрузке, состоящим из последовательно соединенных ёмкости и индуктивности.

Для построения фильтра высших гармоник можно использовать электрические части синхронных и асинхронных двигателей, трансформатора, так как схема замещения состоящей из распределенной индуктивности и емкости представляет из себя цепную схему. Учитывая то, что источник тока является источником высших, следовательно, процессы, проходящие в фильтре будут отличаться от процессов, проходящих при питании от источника ЭДС. Для подавления высших гармоник целесообразнее использовать последовательный LC-фильтр.

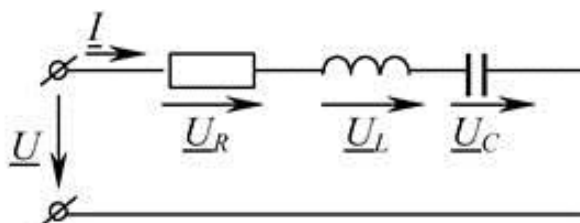


Рисунок 1. Последовательный LC-фильтр

Процесс проходящий в фильтре будет резонансным, и поэтому необходимо разобраться в особенностях резонанса в последовательных электрических цепях при питании от источника тока.

Необходимо рассмотреть условие резонанса в электрической цепи:

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0; \quad (1)$$

Из этого следует:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}, \quad (2)$$

где ωL – индуктивное сопротивление катушки индуктивности, Ом;

$\frac{1}{\omega C}$ – емкостное сопротивление конденсатора, Ом.

Это условие может быть представлено в виде условия резонанса напряжений для любой цепи

$$\text{Im}\{Z\} = 0 \tag{3}$$

где Z – полное сопротивление цепи, Ом.

После выполнения эксперимента были построены частотные характеристики $U(\omega)$, $U_R(\omega)$, $U_L(\omega)$, $U_C(\omega)$, $I(\omega)$:

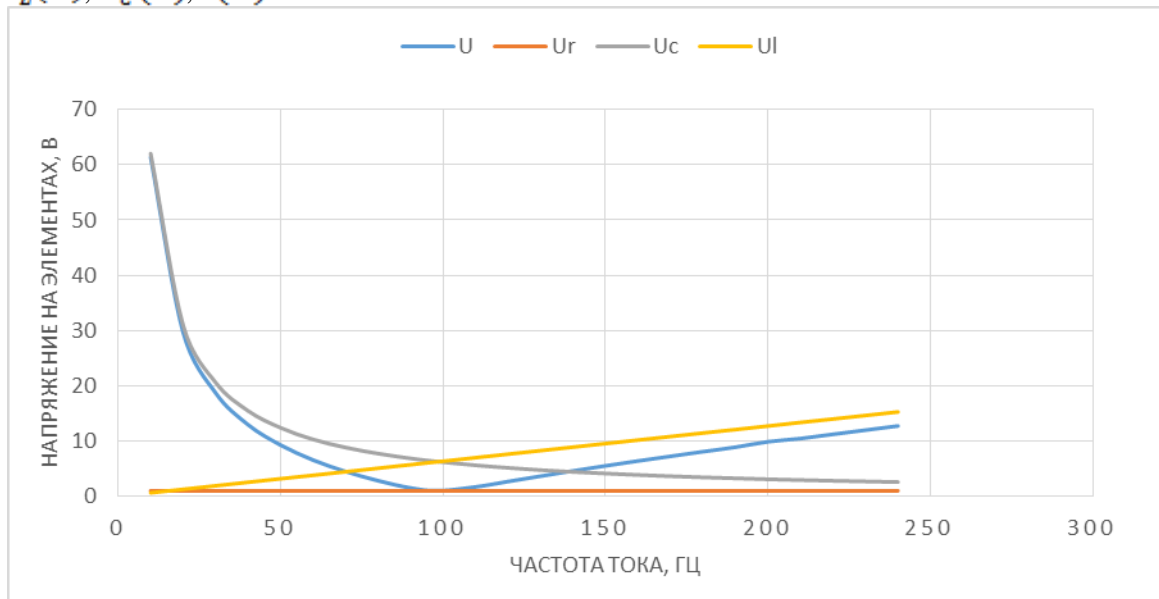


Рисунок 2. Частотная характеристика последовательного колебательного LC-контура

Где видно, что ток I постоянен:

$$I = const \tag{4}$$

Тогда напряжение на активном сопротивлении R :

$$U_R(\omega) = IR = const \tag{5}$$

Напряжение на емкости C :

$$U_C(\omega) = IX_C = \frac{I}{\omega C}, \tag{6}$$

где X_C – реактивное сопротивление конденсатора, Ом.

При частоте $\omega = 0$ все входное напряжение приложено к конденсатору, так как реактивное сопротивление конденсатора $X_C = \infty$, тогда как при $\omega \rightarrow \infty$, то $X_C \rightarrow 0$, и напряжение на конденсаторе $U_C \rightarrow 0$. Максимум U_C наступает при частоте, меньшей, чем резонансная частота ω_0 , так как для получения U_C необходимо ток I умножить на убывающую величину $\frac{1}{\omega C}$.

Напряжение на индуктивности:

$$U_L(\omega) = IX_L = I\omega L, \tag{7}$$

где X_L – реактивное сопротивление катушки, Ом.

При $\omega = 0$ все входное напряжение приложено к катушке равно 0, так как $X_L = 0$, тогда как при $\omega \rightarrow \infty$, то $X_L \rightarrow \infty$, и напряжение на катушке $U_L \rightarrow \infty$. Максимум U_L наступает при частоте, больше ω_0 , так как для получения U_L необходимо ток I умножить на линейную величину ωL .

Стоит обратить внимание на пару моментов: в полосе пропускания этого фильтра практически нет затухания сигнала. Так как данный фильтр работает по принципу последовательного резонанса, резонансная частота которого не зависит от сопротивления в

цепи, величина нагрузочного резистора не искажает пика частоты. Установка таких фильтров экономически выгоднее, чем увеличение числа фаз выпрямителя, и всегда рекомендуется, когда система переменного тока резонирует на какой-либо гармонике или, когда имеют место помехи линиям связи из-за индуктивного влияния гармоник.

Литература

1. Жежеленко, И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, М.Л. Рабинович, В.М. Божко Киев:1. Техника,. 1981 160 с.
2. Розанов Ю.К. Современные методы улучшения качества электроэнергии / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий // Электротехника. 1998, №3. С. 10-16.
3. Железко, Ю.С. Инструкция по нормированию, анализу и снижению потерь электроэнергии в электрических сетях энергоснабжающих организаций / Ю.С. Железко // Экологические системы. 2005. - №10.