

роль играет последовательный конденсатор C_1 (угол β_1), что находит отражение в правой части круговой диаграммы, соответствующей последовательному инвертору. Соотношение между величинами C_1 и C_2 предопределяет преобладание свойств либо последовательного, либо параллельного инвертора.

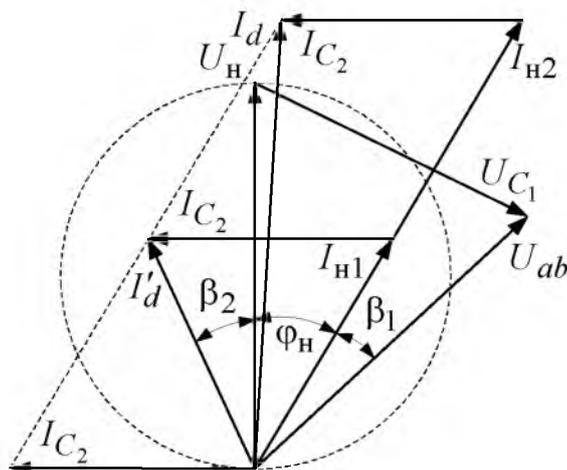


Рис. 4.31. Внешняя диаграмма последовательно-параллельного инвертора тока

Соотношение мощностей в последовательно-параллельном инверторе определяется выражением [6]:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{Q_{\text{н}}}{P_{\text{н}}} = \frac{1}{\cos \varphi_{\text{н}}} \left[\frac{Y_{\text{н}}}{\omega C_1} + \left(1 + \frac{C_2}{C_1} \right) \frac{\omega C_2}{Y_{\text{н}}} - \left(1 + 2 \frac{C_2}{C_1} \right) \sin \varphi_{\text{н}} \right], \quad (4.33)$$

из которого следует, что угол β будет возрастать и в области малых нагрузок, и в области больших нагрузок, имея минимум, определяемый соотношением $\frac{C_2}{C_1}$ в области средних нагрузок.

4.2.1.4. Резонансные инверторы

В схемном отношении резонансные инверторы напоминают инверторы тока, но в отличие от них на входе имеют индуктивность L_d , которая образует колебательный контур с коммутирующим конденсатором и индуктивностью нагрузки $L_{\text{н}}$.

При этом в режиме, близком к резонансному, напряжение и ток нагрузки будут приближаться к синусоидальным. Резонансные инверторы могут выполняться так же, как и инверторы тока, по схеме параллельного, последовательного или последовательно-параллельного инвертора.

Параллельный резонансный инвертор имеет характер основных зависимостей такой же, как и у параллельного инвертора тока, но в резонансном инверторе из-за синусоидальной формы тока нагрузки скорость нарастания токов тиристоров $\frac{di}{dt}$ значительно ниже. Поэтому выходная частота в резонансном инверторе может быть значительно более высокой.

Особенностью резонансного инвертора является также то, что нагрузка может изменяться лишь в небольших пределах, так как при изменении параметров нагрузки в большом диапазоне может возникнуть режим, приводящий к опрокидыванию инвертора.

Особенности последовательного резонансного инвертора рассмотрим на примере полумостовой схемы (рис. 4.32).

Здесь элементы цепи нагрузки (L_k , Z_k , C_k) образуют последовательный колебательный контур с собственной частотой ω_0 . При открывании тиристора T_1 происходит заряд конденсатора C_H , при открывании тиристора T_2 конденсатор C_k разряжается.

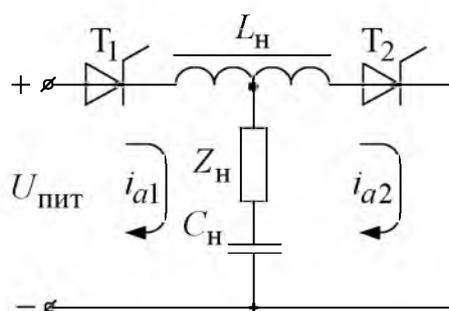


Рис. 4.32. Полумостовая схема резонансного инвертора тока

В зависимости от частоты отпирания ω тиристоров T_1 и T_2 различают три режима (рис. 4.33):

1. Режим прерывистых токов, когда $\omega < \omega_0$ (рис. 4.33, а). В этом случае тиристоры восстанавливают управляющие свойства в течение бестоковой паузы $\theta_1 \dots \theta_2$. Этот режим еще называют режимом естественной коммутации, т. к. тиристоры закрываются за счет естественного спада тока до нуля при колебательном характере перезарядки конденсатора.

2. Гранично-непрерывный режим ($\omega = \omega_0$) (рис. 4.33, б). В этом случае имеет место резонансный режим. Поскольку здесь отсутствует бестоковая пауза, то тиристоры закрываются за счет ЭДС в обмотках коммутирующего дросселя L_k .

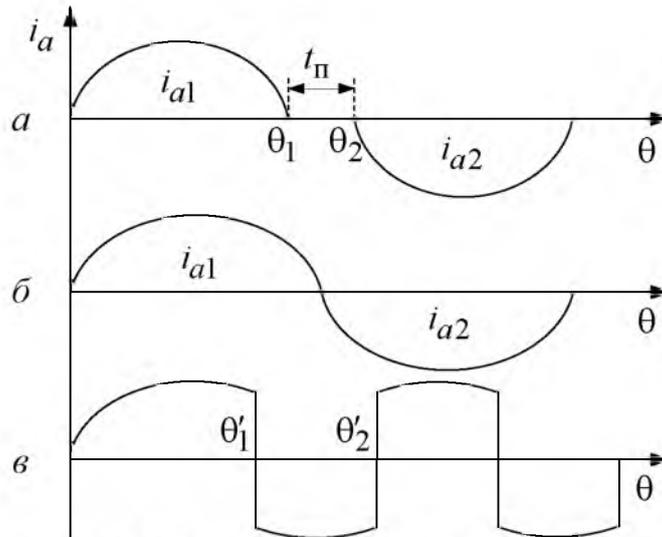


Рис. 4.33. Режимы работы полумостовой схемы резонансного инвертора тока

3. Режим непрерывного тока (рис. 4.33, в). В этом случае $\omega > \omega_0$ и ток в колебательном контуре не успевает снизиться до нуля. Коммутация тиристоров так же, как и в предыдущем случае, осуществляется только за счет ЭДС в обмотках дросселя L_k . В связи с этим в последних двух режимах коммутацию тиристоров называют принудительной.

Характеристики основных зависимостей последовательного резонансного инвертора и последовательного инвертора тока также весьма похожи:

- напряжение на нагрузке возрастает с уменьшением $\cos \varphi_H$;
- уменьшение активного сопротивления нагрузки приводит к увеличению входного тока инвертора, напряжения на конденсаторе C_k и на тиристорах, а также к увеличению времени, предоставленного тиристорам для восстановления управляющих свойств;
- в режиме холостого хода последовательный резонансный инвертор неработоспособен, т. к. угол $\beta = 0$, и инвертор опрокидывается.

Диапазон изменения сопротивления нагрузки в последовательном резонансном инверторе также ограничен условиями его работоспособности, как и в параллельном резонансном инверторе, но влияние этого сопротивления в обоих инверторах противоположное, как было отмечено выше.

Свойства последовательно-параллельного резонансного инвертора в большой степени зависят от соотношения ёмкостей последовательного и параллельного конденсатора и могут быть приближены либо к свойствам параллельного резонансного инвертора, если превалирует

конденсатор, подключенный параллельно нагрузке, либо к свойствам последовательного резонансного инвертора, если превалирует последовательно включённый конденсатор.

Существует большое количество схемных вариантов резонансных инверторов, каждый из которых имеет свои отличительные особенности, достоинства и недостатки, но есть одно свойство резонансных инверторов, обеспечивающее им широкие перспективы применения в различных областях техники. Речь идет о возможности построения на базе резонансных инверторов так называемых «многоячейковых инверторов». Многоячейковые резонансные инверторы применяют, например, тогда, когда необходимо получить выходную частоту, превышающую предельное значение выходной частоты одного инвертора, либо когда нужно получить большую выходную мощность без последовательного или параллельного соединения силовых вентилях. Это достигается благодаря тому, что n отдельных резонансных инверторов работают на одну и ту же нагрузку либо со сдвигом по фазе на угол $\frac{2\pi}{n}$, и тогда частота

выходного напряжения на нагрузке будет в n раз превышать выходную частоту отдельного инвертора, либо их можно включать или параллельно, или последовательно для получения большой мощности в нагрузке.

Описание свойства резонансных инверторов позволяют отметить и наиболее перспективные области применения. В первую очередь это высокочастотные установки индукционного нагрева металлов, широко применяемые в различных технологических процессах.

Это и высокочастотные звенья преобразования энергии в мощных устройствах электропитания различного назначения.

Это и источники питания мощных светотехнических установок.

Особенно большие перспективы применения резонансных инверторов открываются в связи с появлением новых мощных силовых ключей на базе полевых транзисторов, а также комбинированных транзисторов – *IGBT*, которые существенно превышают по целому ряду важнейших показателей силовые тиристоры.

4.2.2. Инверторы напряжения

Инверторы напряжения могут строиться как на полностью управляемых вентилях, так и на тиристорах, если их снабдить узлами коммутации, позволяющими выключать тиристоры в любой момент времени.