

Инверторы.

Инвертированием называется процесс преобразования энергии постоянного тока в энергию переменного тока, т.е. процесс обратный выпрямлению. При инвертировании (рекуперации) энергия передается от источника постоянного тока в цепь переменного тока.

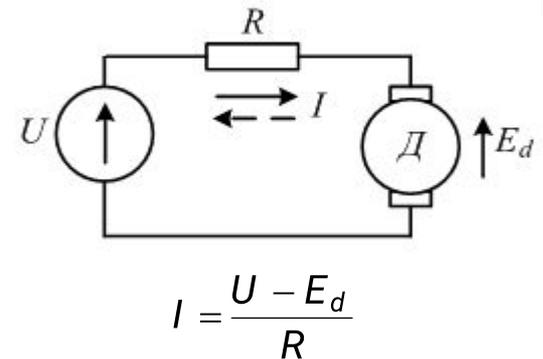
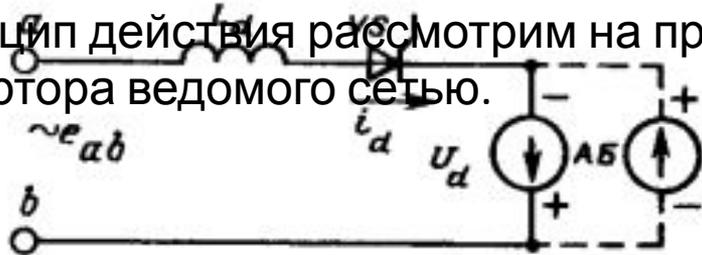
Инверторы классифицируют по ряду признаков, основными из которых являются:

- тип коммутирующих приборов – тиристорные и транзисторные инверторы;
- принцип коммутации ведомые сетью и автономные инверторы;
- род преобразуемой величины - инверторы тока и инверторы напряжения.

Инверторы ведомые сетью.

Если инвертор передает энергию из сетей постоянного тока в сеть переменного тока, напряжение в которой уже задано работой других генераторов, и его работа определяется переменным напряжением сети, то он называется зависимым или ведомым сетью. Поскольку электрические параметры преобразователя в этом случае полностью определяются параметрами внешней сети переменного тока, его иногда называют *резистивным инвертором*.

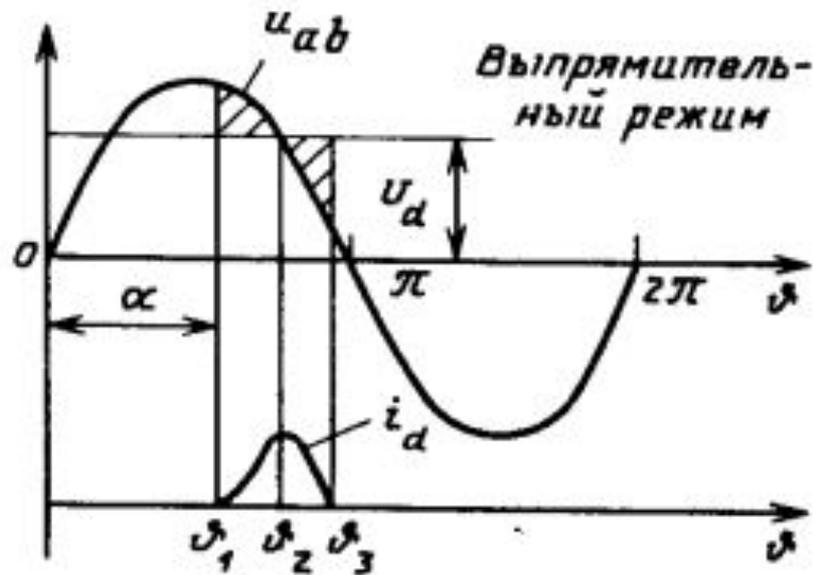
Принцип действия рассмотрим на примере схемы одного инвертора ведомого сетью.



$$I = \frac{U - E_d}{R}$$

При работе в режиме инвертирования машина постоянного тока является генератором электрической энергии, а сеть переменного тока – ее потребителем. Показателем потребления энергии сетью служит фазовый сдвиг на 180 эл. Градусов входного тока относительно входного напряжения. Это означает, что тиристоры схемы в режиме инвертирования должны находиться в открытом состоянии при отрицательной полярности приложенного напряжения.

Рассмотрим работу инвертора в предположении, что элементы схемы идеальны. Если вывод "плюс" батареи батареи АБ соединен катодом тиристора VS как показано на рисунке штриховой линией, то схема работает в выпрямительного режиме на нагрузку виде противо-ЭДС. В этом режиме включение тиристора VS возможно при условии превышения ЭДС сети ЭДС E_d , задаваемой аккумуляторной батареей. Диаграммы напряжений и тока, иллюстрирующие работу схемы в выпрямительном режиме, приведены на рисунке. При равенстве нулю внутренних сопротивлений можно считать, что $e_{ab} = U_{ab}$ $E_d = U_d$.



При подаче на тиристор управляющего импульса и момента времени $\vartheta = \vartheta_1$, определяемый углом управления α , тиристор включается и из сети в батарею АБ начинает поступать ток i_d . Благодаря сглаживающему реактор L_d (катушки индуктивности) ток будет плавно изменяться во времени: увеличиваясь пока $u_{ab} > U_d$, и уменьшаясь при $U_d > u_{ab}$.

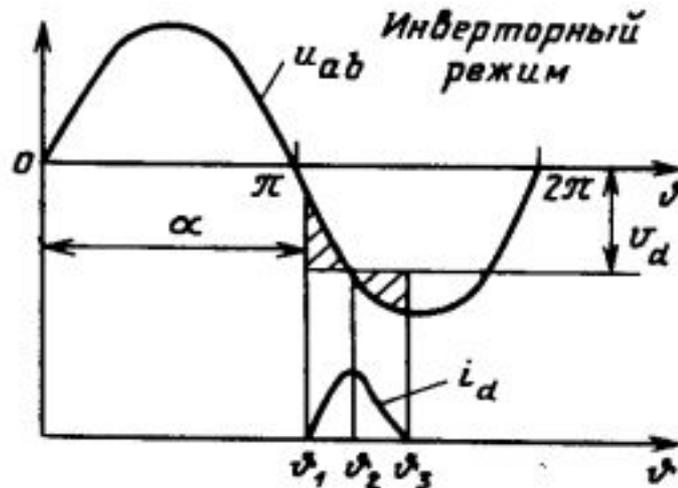
В момент ϑ_3 (соответствующий равенству заштрихованной площадей) ток i_d становится равным нулю, а тиристор VS выключается. Протекание через тиристор тока i_d на интервале от ϑ_2 до ϑ_3 , когда $U_d > u_{ab}$, обусловлено накоплением электромагнитной энергии в реакторе L_d . Далее рассмотренные процессы периодически повторяются, в результате чего батарея АБ будет заряжаться выпрямленным током ток i_d (ток направлен навстречу ЭДС E_d).

Для перевода схемы инверторный режим необходимо переключить тиристор VS или батарею АБ так, чтобы катод тиристора был соединен с выводом «минус» батареи.

Рассмотрим инверторный режим более подробно.

Передача энергии от одного источника к другому происходит тогда, когда ток от отдающего источника направлен навстречу ЭДС источника, принимающего эту энергию. В рассматриваемом случае передача энергии в сеть от аккумуляторной батареи будет происходить, когда ЭДС сети e_{ab} направлена навстречу i_d .

На рисунке представлены диаграммы напряжений в элементах схемы для инверторного режима.



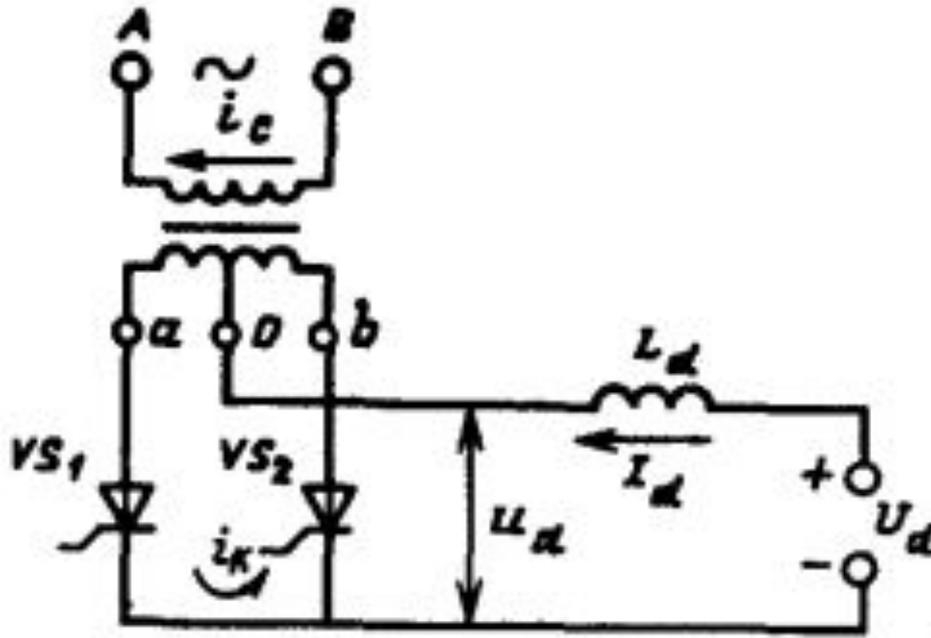
Если в момент ϑ_1 на тиристор VS подать управляющий импульс, то тиристор включится, поскольку в этот момент до момента ϑ_2 напряжение u_{ab} по абсолютному значению меньше напряжения U_d . Под воздействием разности напряжений $U_d - u_{ab}$ в цепи начнет протекать ток i_d , противоположный по знаку напряжению сети u_{ab} . Наличие в схеме сглаживающего реактора L_d ограничивает скорость нарастания этого тока и его максимальное значение. За счет энергии, накапливаемой в реакторе, ток продолжает протекать через тиристор после того, как напряжение u_{ab} по абсолютному значению будет больше напряжения U_d и станет равным нулю в момент ϑ_3 , соответствующий равенству заштрихованных областей.

Схемы зависимых инверторов по существу не отличаются от схемы управляемых выпрямителей. Поэтому они могут рассматриваться как схемы реверсивных преобразователей, способных передавать электрическую энергию из сети в источник постоянного тока (выпрямительный режим) и наоборот (инверторный режим).

Учитывая, что схема однополупериодного инвертора из-за плохих технико-экономических показателей не нашла распространения в большинстве случаев используется однофазный двухполупериодный инвертор со средней точкой.

Однофазный двухполупериодный инвертор тока со средней точкой.

Схема однофазного двухполупериодного инвертора со средней точкой имеет вид



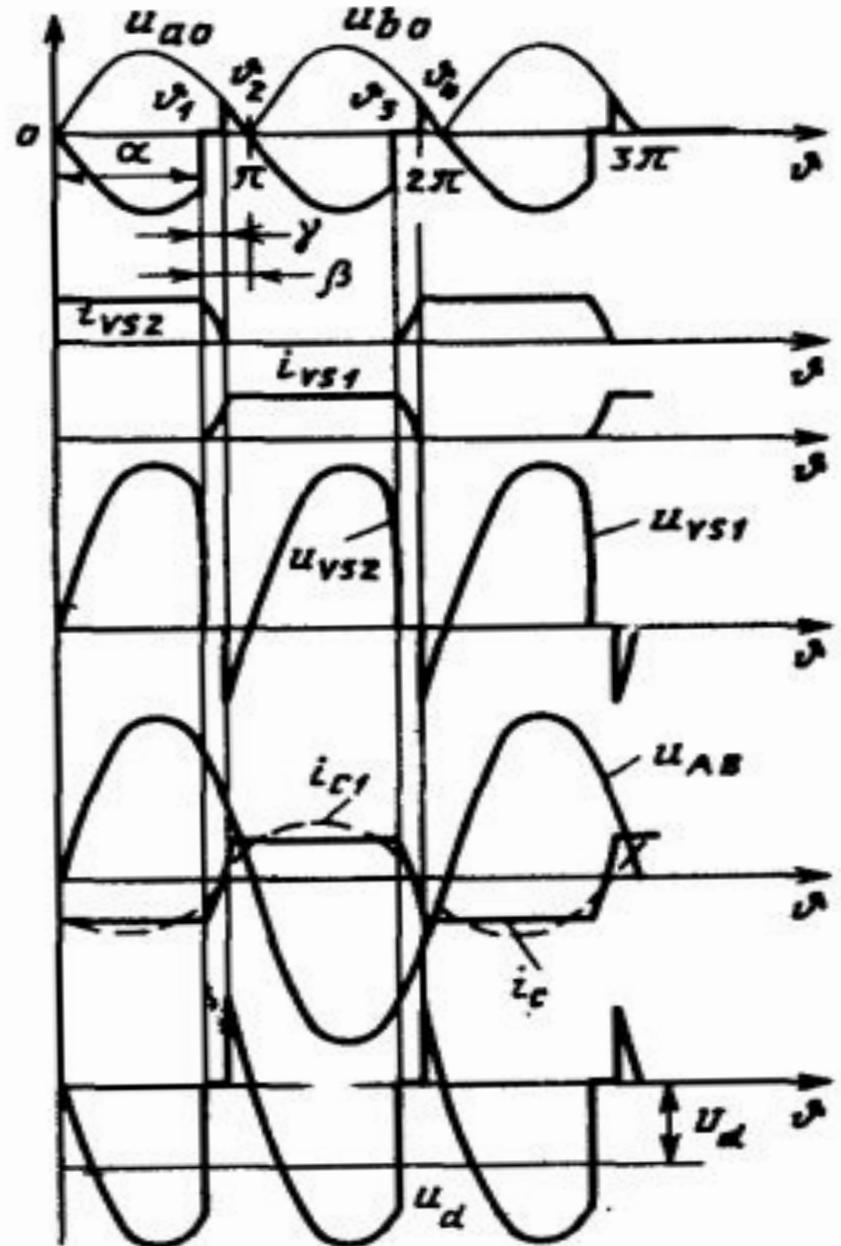
Предположим, что ток проводит тиристор VS_2 , а потенциал точки b вторичной полуобмотки отрицательным по отношению к средней точке O , т.е. $u_{b0} < 0$. В этом случае энергия от источника постоянного тока поступает через трансформатор в сеть. Это обусловлено тем, что ток i_{VS_2} , проходящий через обмотку трансформатора, направлен навстречу напряжению u_{b0} на ней. Изменение во времени напряжение на полюбмотках трансформатора достаточно большом значении L_d практически не влияет на ток i_d . При этом, пульсации напряжения, обусловленные разности мгновенных значений напряжений вторичных полуобмоток трансформатора и источника постоянного тока, будут приложены к реактору L_d .

Диаграммы напряжений и токов на элементах схемы.

Для обеспечения инверторного режима угол управления должен быть больше $\pi/2$. Поэтому обычно при анализе схем управления в инверторном режиме принято отсчитывать сторону опережения (влево) относительно сдвинутых на угол α моментов естественной коммутации схема неуправляемыми диодами (или относительно угла $\alpha = \pi$ в схемах с тиристорами). Угол, исчисляемый по такому принципу, называется углом опережения обозначается β . Угол β связан с углом α соотношением

$$\beta = \pi - \alpha.$$

В момент ϑ_2 на тиристор VS_1 подается управляющий импульс. Так как в этот момент анод тиристора имеет положительный потенциал относительно катода ($u_{ab} > 0$) тиристор VS_1 включается.



Вторичные полуобмотки трансформатора оказываются замкнутыми накоротко, в результате возникает ток короткого замыкания i_k , направленный навстречу току, протекающий через тиристор VS_2 , т.е. начинается процесс естественной коммутации, который протекает идентично ранее рассмотренному для неуправляемого выпрямителя. Когда в момент ϑ_2 процесс коммутации заканчивается (длительность его так же, как и выпрямительным режиме, выражается углом γ), тиристор VS_2 выключается и к нему прикладывается обратное напряжение $u_{VS_2} = u_{ab}$. Тиристор имеет возможность восстанавливать свою запирающую способность до тех пор, пока напряжение u_{ab} не изменит свой знак (когда потенциал точки b станет больше потенциала точки a).

Угол, соответствующий этому интервалу времени, называется углом запаса обозначается δ . Углы β , γ и δ связаны соотношением

$$\beta = \gamma + \delta.$$

Тиристор VS_1 проводит ток до момента ϑ_4 . Перед этим, в момент ϑ_3 , управляющий импульс поступает на тиристор VS_2 , в результате чего происходит процесс коммутации тиристор VS_2 включается, тиристор VS_1 выключается. Далее рассмотренные процессы периодически повторяются.

В инверторном режиме источник постоянного напряжения включен с противоположной полярностью относительно тиристорной группы и отдает энергию в сеть. Так как управляющие импульсы подаются на тиристоры с опережением на угол β относительно сдвинутых на угол π моментов коммутации, то поступающий в сеть ток i_c проходит через 0 в сторону положительных значений раньше, чем проходит через 0 напряжение u_{AB} в сторону отрицательных значений. Поэтому первая гармоника тока i_{c1} сдвинута относительно напряжения u_{AB} в сторону опережения на угол, приблизительно равный $\beta - \gamma/2$, что видно из диаграммы.

При мгновенной коммутации абсолютное значение напряжения можно определить из соотношения

$$U_d = \left[\frac{1}{\pi} \int_{\pi-\beta}^{2\pi-\beta} \sqrt{2} U_2 \sin \vartheta d\vartheta \right] = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 \cos \beta = U_{d0} \cos \beta,$$

где $U_{d0} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2$ — напряжение инвертора при $\beta = 0$.

§ 6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В настоящей главе рассматриваются *вентильные преобразователи* работа которых обуславливается питающей сетью переменного тока. При наличии этого общего свойства функции, выполняемые такими преобразователями, существенно различаются. Так, выпрямители, как известно, осуществляют преобразование переменного тока в постоянный. Ведомые инверторы (инверторы, ведомые сетью) преобразуют энергию источника постоянного тока в переменный с отдачей ее в сеть переменного тока, т. е. осуществляют преобразование, обратное выпрямлению. Непосредственные преобразователи частоты (преобразователи частоты с непосредственной связью) преобразуют энергию сети переменного тока в энергию переменного тока с частотой, отличающейся от частоты питающей сети. Преобразователи переменного напряжения предназначены для изменения подводимого к нагрузке напряжения при питании ее на переменном токе, а следовательно изменения мощности, передаваемой в нагрузку от сети переменного тока.