

МОДУЛЯЦИЯ ФРОНТА ИМПУЛЬСА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА РЕЗОНАТОРЕ СИНХРОТРОНА

М. Ю. ГЕЛЬЦЕЛЬ, Г. Н. ОСТРЕЙКО, В. С. ПАНАСЮК, Л. И. ЮДИН

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

(Получено 26 апреля 1965 г.)

Описано устройство, служащее для изменения по заданному закону формы фронта мощных П-образных модулирующих импульсов на анодах лампы высокочастотного усилителя. Анодный модулятор такого типа дает возможность простыми средствами осуществить модуляцию высокочастотного напряжения на ускоряющем резонаторе синхротрона для получения оптимальных условий захвата частиц при ускорении. Устройство может применяться и в других аналогичных случаях.

В безжелезных ускорителях Института ядерной физики СО АН СССР ускоряющее напряжение относительно велико и достигает десятков киловольт [1]. Поэтому при захвате частиц в синхротронный режим скорость изменения магнитного поля искусственно уменьшается, что позволяет соответственно понизить величину ускоряющего в. ч. потенциала. В этом случае потери частиц при захвате уменьшаются. Дальнейшее изменение напряжения в. ч. должно происходить по кривой (рис. 1, б), обеспечивающей адиабатическое затухание синхротронных колебаний. При этом для облегчения условий подбора оптимального режима длина участка 1 и крутизна участка 2 должны варьироваться. То же относится к высоте ступеньки U_0 .

Задача может быть решена разными путями. Однако в том случае, когда генератор синхротрона должен отдавать большую (до мегаватт) импульсную мощность в сравни-

тельно этом длинном импульсе (сотни микросекунд), устройство, обеспечивающее нарастание в. ч. напряжения по заданному закону оказывается сложным. Рассмотрение различных схем таких устройств показало, что наиболее проста схема, в которой используется линейный модулятор мощных П-образных импульсов для питания анодов лампы в. ч. усилителя, дополненный пассивными элементами, аппроксимирующими заданную расчетную кривую. Такая схема дана на рис. 1, а. Начальный участок напряжения U_0 с фронтом, соответствующим фронту линейного модулятора, формируется при помощи потенциометра, состоящего из сопротивления нагрузки R_H и сопротивления R . Поступление импульса через линию задержки ЛЗ в дроссель и нагрузку запаздывает на время, определяемое параметрами этой линии. Величина сопротивления R выбирается из условия обеспечения необходимого напряжения на резонаторе в момент инжекции, но оно должно быть достаточно большим, чтобы не шунтировать дроссель насыщения.

Линия задержки в рассматриваемом случае собрана из пяти Т-образных LC-звеньев, общая задержка которых составляет величину, равную или большую длительности фронта импульса линейного модулятора. Волновое сопротивление линии задержки должно быть равно сопротивлению нагрузки. Для получения расчетных кривых изменения напряжения по заданному закону служит дроссель насыщения Др1. Расчет дросселя произведен методом последовательных интервалов [2]. Ток, протекающий через дроссель и нагрузку, изменяется во

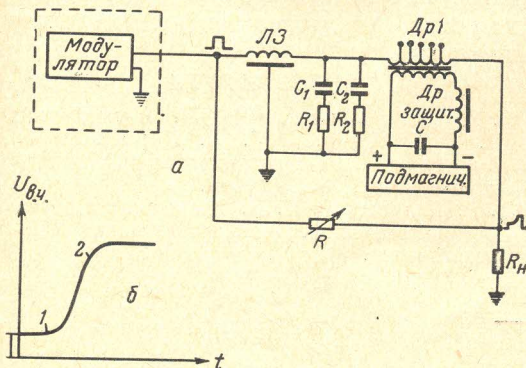


Рис. 1. а — схема модулятора фронта импульса, б — форма расчетной кривой изменения в. ч. напряжения на резонаторе синхротрона

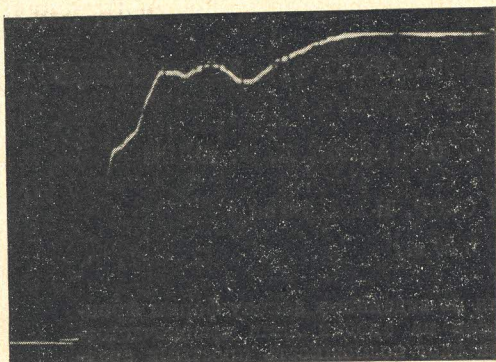


Рис. 2. Импульс на входе модулятора фронта. Развертка — 50 мксек/см

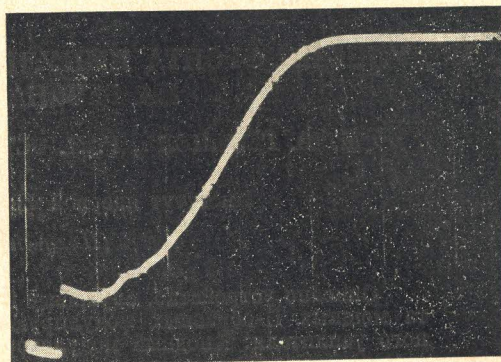


Рис. 3. Импульс на выходе модулятора фронта. Развертка — 50 мксек/см

времени соответственно изменению индуктивного сопротивления дросселя. С момента поступления фронта импульса из линии задержки на вход дросселя насыщения ток в цепи нагрузки определяется как величиной сопротивления R , так и индуктивным сопротивлением дросселя. После насыщения сердечника дросселя нарастание тока определяется небольшой индуктивностью насыщенного дросселя и сопротивлением нагрузки. Таким образом хорошо аппроксимируется расчетная кривая $ev = f(t)$. Дроссель имеет две обмотки: основную и подмагничивающую. Сердечник дросселя собран без воздушного зазора. Управление формой нарастания фронта импульса осуществляется при помощи постоянной составляющей магнитного потока. Для защиты источника подмагничивающего тока от высокого напряжения, индуктированного из основной обмотки, последовательно с обмоткой подмагничивания включается защитный дроссель, индуктивность которого в несколько раз больше, чем индуктивность подмагничивающей обмотки. Защитный дроссель совместно с конденсатором, шунтирующим источник постоянного тока, образуют фильтр, не пропускающий высокое импульсное напряжение.

В заключение поясним назначение цепи R_1C_1 и R_2C_2 . Импульс модулятора, прой-

дя через линию задержки, встречает сопротивление, величина которого на фронте импульса определяется только индуктивностью дросселя насыщения. Так как эта величина много больше волнового сопротивления линии, то возникают отражения, которые через время $2\tau_3$ возвращаются к модулятору и могут создать аварийный режим его работы. Очевидно также, что отражение вызовет искажение формы исходного импульса на входе дросселя. Компенсационные RC -цепи, включенные на выходе линии задержки, берут на себя основную нагрузку линии в течение времени формирования фронта и, таким образом, совместно с дросселем и нагрузкой поддерживают сопротивление на выходе линии, близким к ее волновому сопротивлению. Компенсационные цепи представляют собой две RC -цепочки, имеющие разные постоянные времени.

Форма и амплитуда импульса на выходе и входе модулятора фронта (рис. 2, 3) наблюдаются при помощи активных делителей напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. А. Абрамян, В. Л. Ауслендер, В. И. Байер, Г. А. Блинов и др., Доклад на Международной конференции по ускорителям, 1963, Дубна.
2. Л. Р. Нейман, П. Л. Калантаров, Теоретические основы электротехники, 1959, Госэнергоиздат.