

13/viii

К-937

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

9 - 5154



И.А. Курсков

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

МАКСИМАЛЬНАЯ

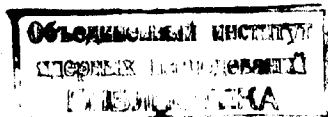
ТОКОВАЯ ИМПУЛЬСНАЯ ЗАЩИТА

1970

И.А. Курсков

**МАКСИМАЛЬНАЯ
ТОКОВАЯ ИМПУЛЬСНАЯ ЗАЩИТА**

Направлено в журнал
"Электротехника"



В системе питания основной обмотки дубненского синхροфазотрона с целью подавления пульсаций в выпрямительном режиме преобразователя в необходимый момент времени предварительно заряженная емкость (включенная последовательно с диодами) подключается с помощью мощных тиратронов параллельно обмотке электромагнита. Указанная емкость с индуктивностями, включенными в оба полюса преобразователя, образует фильтр.

Для исключения сверхтока, который может возникнуть из-за несвоевременного загорания тиратронов или из-за несоответствия напряжения на емкости напряжению на электромагните, предусмотрена максимальная импульсная защита, выдающая импульс на перевод преобразователя в инверторный режим. В этом режиме изменяется полярность преобразователя, и указанные тиратроны гаснут.

В настоящей работе приводится опыт разработки схемы максимальной импульсной защиты с использованием в качестве датчика первичного тока трансформатора постоянного тока и переключающего диода в качестве исполнительного и измерительного органа защиты. На рис. 1 изображена схема защиты. Первичный ток измеряется трансформатором постоянного тока ТПТ. Во вторичную обмотку включена первичная об-

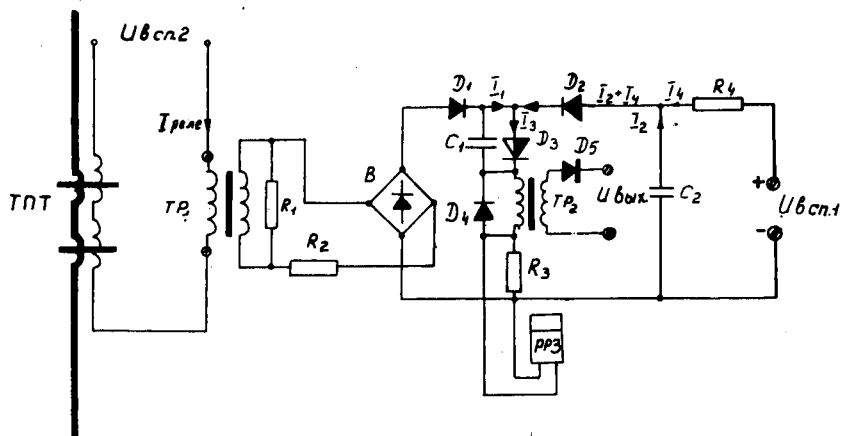


Рис. 1. Схема максимальной токовой импульсной защиты. ТПТ - трансформатор постоянного тока И-505/5, $K_T = 1000/1$ а; ТР₁ - промежуточный трансформатор с пермалловым сердечником Ш-18, толщина пакета - 30 мм, $W_1 = 44$. $W_2 = 3000$, ТР₂ - импульсный трансформатор Ш-22, толщина пакета - 30 мм, $W_1 = 500$, $W_2 = 3000$; $R_1 = 20$ ком; $R_2 = 100$ ком; $R_3 = 30$ ом; $R_4 = 100$ ком; $C_1 = 0,1 \mu F$; $C_2 = 30 \mu F$; В - Д226; Д₁, Д₂ - Д205; Д₃ - Д227Ж (2Н102Ж); Д₄ - Д226; Д₅ - Д226; РРЗ - РС4 521002, ток срабатывания - 25 ма .

мотка трансформатора TP_1 . Вторичная обмотка трансформатора TP_1 подключена к сопротивлению R_1 , напряжение с которого через дополнительное сопротивление R_2 подается на выпрямитель В. Выпрямитель через разделительный диод D_1 питает последовательную цепь, состоящую из переключающего диода D_3 , импульсного трансформатора TP_2 и дополнительного сопротивления R_3 . На эту же цепь подается также напряжение через разделительный диод D_2 с предварительно заряженной емкости C_2 . Схема выдает импульс через импульсный трансформатор TP_2 по достижении на переключающем диоде D_3 напряжения, равного напряжению переключения. Поляризованное реле РРЗ сигнализирует о прохождении импульса тока. Для защиты диода D_3 от наводок последний зашунтирован емкостью C_1 . Диод D_4 исключает перенапряжения на диоде D_3 после прохождения импульса. Для обеспечения работоспособности защиты необходимо было выбрать датчик первичного тока и элементы схемы импульсного реле.

Выбор датчика первичного тока

Измеряемый ток $100 + 200$ а в нормальном режиме состоит из постоянной составляющей и наложенных на нее токов высших гармоник. В рабочем токе величина постоянной составляющей несколько превосходит амплитуду переменных составляющих. В задачу выбираемого датчика первичного тока входит измерение амплитуды переходного тока в момент возникновения аварийного режима. Такую задачу достаточно точно решает трансформатор постоянного тока при условии, что вспомогательное напряжение $U_{всп2}$ имело бы такое значение, которое обеспечивало бы минимальное значение требуемой кратности первичного тока $^{1/}$.

В качестве датчика первичного тока выбран трансформатор постоянного тока И-505/5, 500 в. Первичная обмотка - шина, проходящая сквозь

сердечники, изолирована гетинаксовой трубой на напряжение 11 кв. Вторичная обмотка экранирована металлической фольгой. Вспомогательное устройство, входящее в комплект И-505/5, ВУИ-505, не используется, без него $K_T = 1000/1$ а. Вспомогательное напряжение $U_{всп2}$ выбрано равным 36 в. При этом напряжении ток х.х. равен 4 ма вместо 15 ма при 80 в, как предусмотрено по паспорту. Обмотки сердечников трансформатора постоянного тока для переменной составляющей первичного тока разомкнуты, и на них появляется высокое напряжение $^{1/2}$, как при наличии, так и при отсутствии вспомогательного напряжения $U_{всп2}$. Испытания И-505 показали, что при включении и отключении переменного тока до 2 ка величина максимального напряжения на каждом из сердечников не превышает 1 кв. На осциллограмме рис. 2б представлена кривая вторичного тока. На рис. 2а представлена форма напряжения на электромагните с подавлением и без подавления пульсаций. При прохождении тока через ТПТ пульсации подавлены. Анализ осциллограмм показывает, что ТПТ достаточно точно измеряет амплитуду тока, а также начало и конец прохождения его через тиратроны.

Элементы схемы импульсного реле.

Промежуточный трансформатор ТР₁

Материал сердечника - пермаллой - выбран для получения наименьшего тока срабатывания реле.

В импульсных режимах вторичная ЭДС пермаллового трансформатора зависит от скорости нарастания тока и предшествующего состояния сердечника. Для исключения влияния скорости нарастания тока и состояния сердечника на ток срабатывания реле вторичная обмотка зашунтирована сопротивлением R_1 . С целью ограничения тока, проходящего через переключающий диод в состоянии переключения, напряжение на выпрямительный мост подается через сопротивление R_2 . При токе сраба-

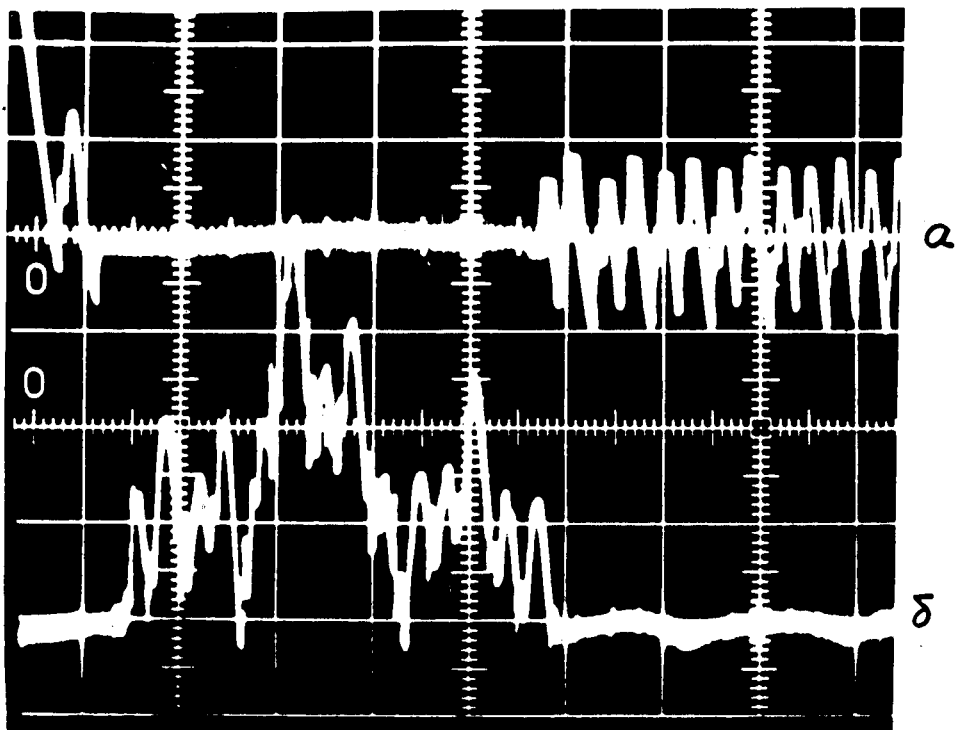


Рис. 2. Осциллограммы: а) напряжение на электромагните, б) вторичный ток трансформатора постоянного тока. Развертка 5 мсек = 10 делений. Масштаб тока $3\text{ а} = 1$ деление.

тивания максимум напряжения на вторичной обмотке достигает величины напряжения переключения диода.

Нагрузочная характеристика рассчитывается таким образом, чтобы до тока срабатывания трансформатор не насыщался и при токе $1,3 I_{ор}$ происходило насыщение сердечника.

Переключающий диод D_3

Основными параметрами диода являются: напряжение переключения $U_{пер.}$, ток переключения - $I_{пер.}$, ток выключения $I_{вык.}$ ^{/3/}. В описываемом реле ток через диод $D_3 - I_3$ определяется суммой токов: от вторичной обмотки промежуточного трансформатора $TP_1 - I_1$, от заряженной вспомогательной емкости $C_2 - I_2$, от напряжения $U_{всп1} - I_4$. Для обеспечения надежной работы диода необходимо создать минимальные потери в нем в исходном состоянии, в момент переключения и во включенном состоянии.

Ток, проходящий через диод в исходном состоянии, равен току утечки. Величина вспомогательного напряжения выбирается таким образом ^{/4/}, чтобы обеспечивалась устойчивость исходного состояния, что соответствует $U_{всп1} \leq \frac{U_{пер.}}{2}$. Величиной вспомогательного напряжения ^{/5/} определяется температура переходов. Ток включения мало зависит от температуры. Влияние на ток срабатывания реле внутреннего сопротивления диода исключено следующим путем. Сопротивление выбирается таким образом, чтобы в начале переключения выполнялось условие

$$R_1 \ll R_{D_3} \text{ внутр.}$$

При этом условии разброс в величине сопротивления диода незначительно влияет на ток срабатывания, который будет в основном определяться напряжением переключения диода.

Во время переключения и разряда вспомогательной емкости C_2 влияние на работоспособность диода D_3 оказывают сопротивление R_3 и величина заряда емкости C_2 . Сопротивление R_3 выбирается, исходя из условия получения допустимых потерь в диоде во время разряда C_2 . Потери в диоде D_3 в исходном состоянии значительно меньше, чем в состоянии переключения и во включенном состоянии, поэтому диод после срабатывания защиты переводится в исходное состояние. Защита вводится только на время своего действия. После пробоя переключающего диода и разряда емкости ток через него будет определяться величинами сопротивлений R_2 и R_4 . Сопротивление R_4 выбирается из условия.

$$\frac{U_{всп1}}{R_4} < \frac{\sqrt{I_{выкл}}}{2}$$

При этом коэффициент возврата $k_B = \frac{I_{ср}}{I_B}$ определяется сопротивлением R_2 . Величина R_2 в малой степени влияет на ток срабатывания, который определяется напряжением переключения диода. Например, для диода Д227Ж изменение R_2 от 15 ком до 150 ком в описываемой схеме изменяет ток срабатывания с 325 ма до 435 ма, т.е. в 1,3 раза. С увеличением R_2 ток возврата увеличивается, т.к. диод возвращается при большем токе, чем срабатывает. Значительное увеличение R_2 недопустимо: из-за температурного разброса в токе переключения возможен отказ в работе защиты. Допустимое максимальное значение R_2 должно выбираться в каждом конкретном случае по результатам испытаний. Определено, что k_B изменяется в зависимости от напряжения $U_{всп1}$ (рис. 3). В зависимости от указанного напряжения изменяется только ток возврата, ток срабатывания остается постоянным. Отмеченные данные противоречат работе ^{/4/}, где утверждается, что напряжением $U_{всп1}$ определяется чувствительность реле. В описываемой схеме для диодов Д227Ж, 2Н102Ж получено, что при напряжении $U_{всп1} \leq 25$ в k_B близок к единице.

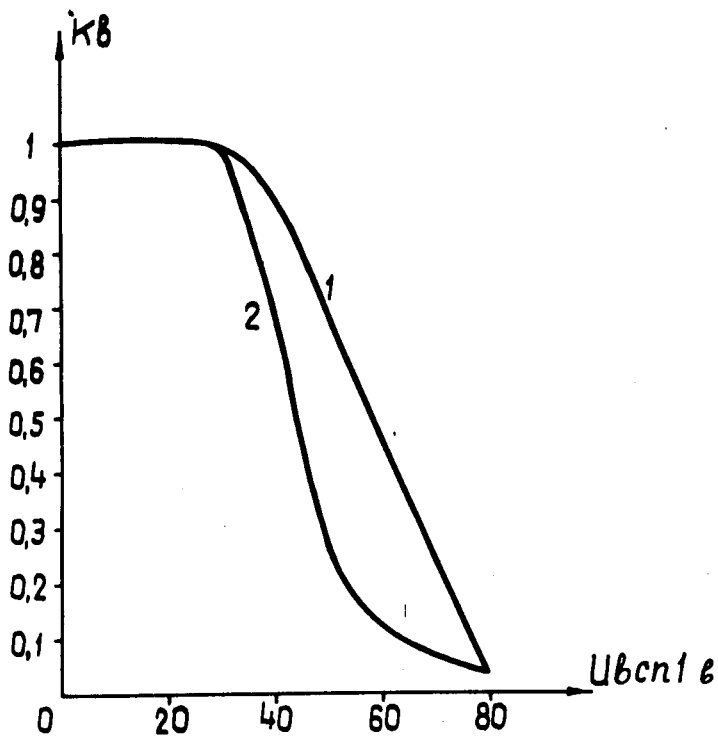


Рис. 3. Зависимость k_B от $U_{всп1}$ для двух значений R_2 : 1 - $R_2 = 150$ ком, 2 - $R_2 = 15$ ком.

Выбор переключающего диода

Для обеспечения надежности работы диоды проверялись по схеме (рис. 4а) при изменении температуры окружающей среды от $+18^{\circ}$ до $+80^{\circ}\text{C}$. При этом измерялись $U_{\text{пер.}}$, $I_{\text{пер.}}$, ток утечки при $U_{\text{всп1}} = 70\text{ в}$. Выбирались диоды, остающиеся работоспособными при $+80^{\circ}\text{C}$, т.е. такие, у которых напряжение переключения изменялось не более, чем на 15% и возникал при этом напряжении релейный эффект. Отбраковывались диоды, которые плавно изменяли свое сопротивление или при испытании которых возникал режим автоколебаний. На рис. 4б изображены характеристики трех пригодных для описываемой схемы диодов (диоды 2,3,4) и непригодного 1.

Источник смещения $U_{\text{всп1}}$

Выпрямитель источника смещения запитан от разделительного трансформатора с целью исключения влияния помех.

При использовании в качестве источника оперативного тока аккумуляторной батареи, питающей разветвленную сеть оперативного тока, защита срабатывала ложно от наводок.

На рис. 5 представлена форма выходного импульса импульсного трансформатора ТР_2 , нагруженного на сопротивление $R = 4\text{ ком}$. При этом ток срабатывания реле равен $0,32\text{ а}$, мощность срабатывания - 1 ватт , максимальная выходная мощность - 20 ватт .

Описываемая схема работает успешно с августа 1969 года. Ее можно рекомендовать для схем противоаварийной автоматики.

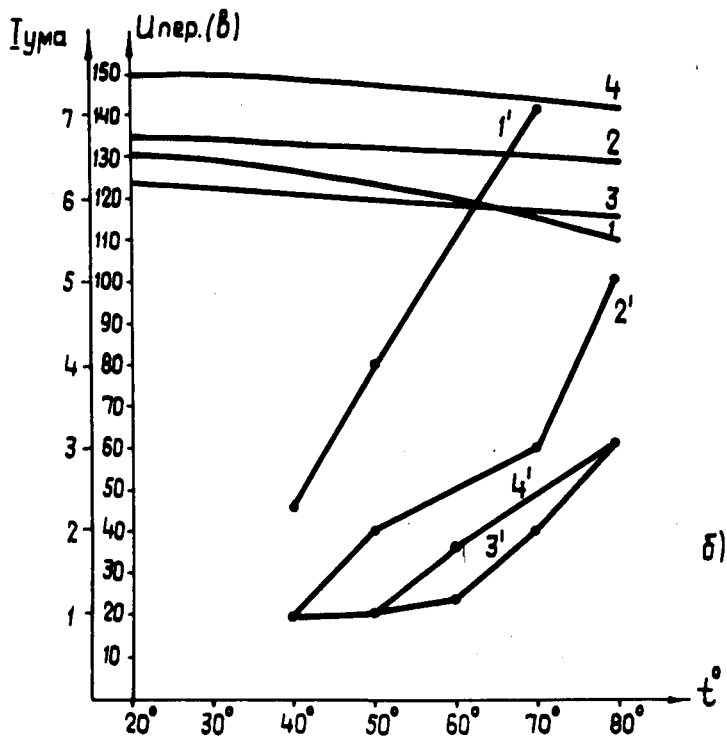
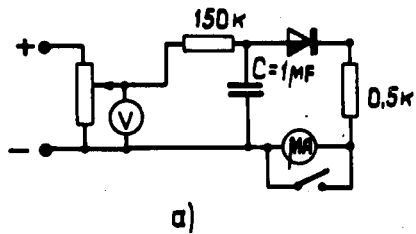


Рис. 4. а) схема проверки переключающего диода, б) зависимость напряжения переключения ($U_{пер1} + U_{пер4}$) и токов утечки ($I_{ут1'} + I_{ут4'}$) диодов 1 - 4 от температуры.

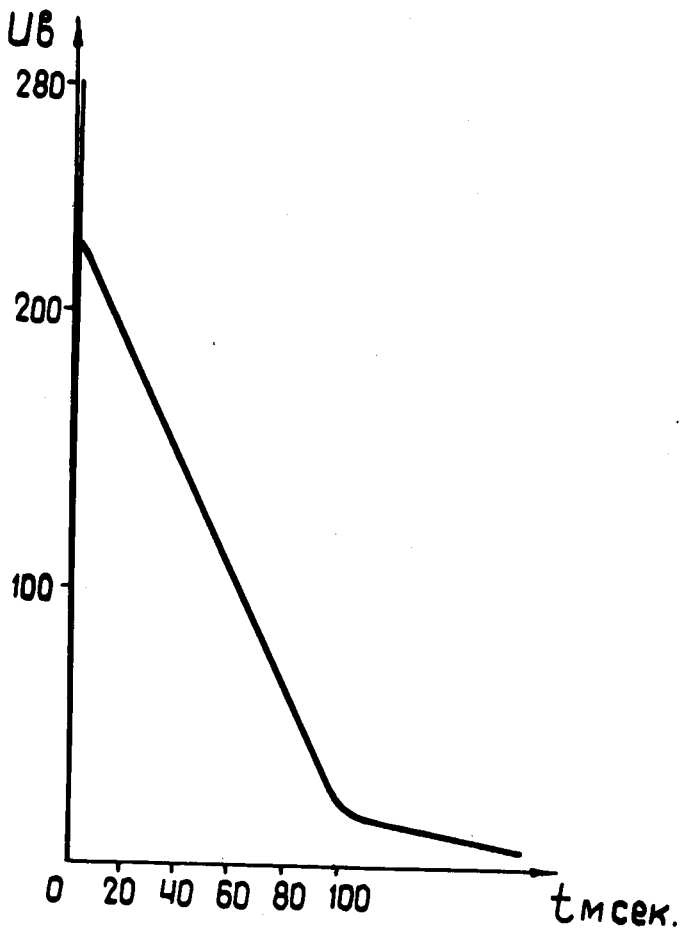


Рис. 5. Выходной импульс защиты.

Л и т е р а т у р а

1. М.С. Белицкая, Е.А. Лиманов. Трансформаторы постоянного тока и напряжения. Энергия, 1964 г.
2. И.А. Курсков. Защита от перенапряжений вторичных обмоток трансформаторов постоянного тока при наличии переменной составляющей в измеряемом токе. Электричество №5, 1969 г.
3. Под ред. Н.Н. Горюнова. Справочник по полупроводниковым диодам и транзисторам. Энергия, 1964 г., стр. 36.
4. Н.М. Тищенко, В.Г. Машлыкнн. Динисторы и тиристоры и их применение в автоматике. Энергия, 1966 г., стр. 25.
5. И.Л. Каганов. Промышленная электроника. Высшая школа, 1968 г., стр.336.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 июня 1970 года.