

## IV НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ, СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ

УДК 656.25

### ИСПЫТАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАБОТСПОСОБНОСТИ СХЕМ ГРОЗОЗАЩИТЫ

Ю. Ф. БЕРЕЗНЯЦКИЙ, К. А. БОЧКОВ, А. Н. КОВРИГА, С. И. ХОМЕНКО  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Потребность в расширении функциональных возможностей систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), необходимость увеличения надежности их действия и снижения затрат на обслуживание в настоящее время реализуется за счет широкого внедрения систем и приборов современной микроэлектроники и увеличения информационной емкости каналов связи. При этом наряду с увеличением количества приборов с низкой электрической прочностью, требующих особых способов защиты от перенапряжений, возрастает число путей проникновения перенапряжений к этим приборам.

С другой стороны, в период грозовой активности на железной дороге регистрируются нарушения нормальной работы СЖАТ, которые приводят к задержкам поездов общей продолжительностью до сотен часов. Эти сбои проявляются как в виде кратковременных восстанавливаемых отказов элементов СЖАТ, так и в виде безвозвратного выхода их из строя вследствие разрушения их экстратоками, вызванными молниевыми разрядами.

Статистические данные, анализ и оценка отказов приборов и устройств СЖАТ от перенапряжений позволяет сделать вывод о том, что типовые схемы защиты недостаточно эффективны, а уровни проникающих в аппаратуру перенапряжений превышают уровни электрической прочности защищаемых приборов. Все это подтверждает актуальность проблемы совершенствования существующих и разработки новых схем грозозащиты.

В НИЛ «Безопасность и ЭМС технических средств» проведены испытания существующих схем грозозащиты, использующихся при защите СЖАТ.

На основании результатов проведенных испытаний и моделирования предлагается улучшить защитные параметры схем защиты от перенапряжений путем введения быстродействующей ступени на основе защитных диодов-супрессоров VD1, VD2 с корректирующими дросселями L1, L2 в продольных ветвях схемы в соответствии с рисунком 1.

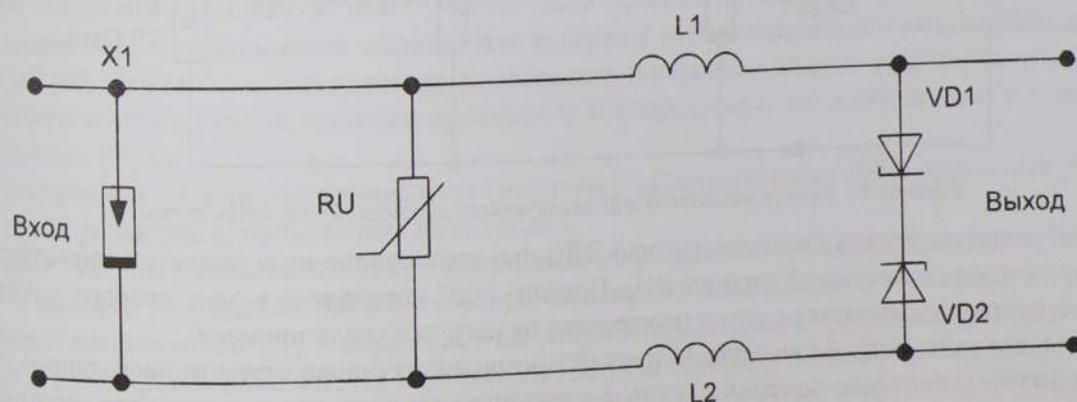


Рисунок 1 – Модернизированная схема защиты от перенапряжений

Более простое для монтажа устройство защиты, основанное на введении дополнительной быстродействующей ступени по схеме, представленной на рисунке 2, как показали испытания, не может быть использовано, так как прохождение импульса перенапряжения вызывает повреждение этой быстродействующей ступени.



Рисунок 2 – Параллельное подключение быстродействующих защитных элементов

Для ограничения тока через быстродействующую ступень необходимо подключение координационных (ограничивающих) элементов в продольную ветвь схемы. В качестве этих элементов для низких частот должны использоваться дроссели, а для высоких для исключения затухания полезного сигнала рекомендуются активные сопротивления.

Результаты испытаний показали, что наилучший результат дает включение дросселя перед самой быстродействующей ступенью защиты. В этом случае при срабатывании быстродействующей ступени и выполнении неравенства,

$$U_d + U_L \geq U_B,$$

где  $U_d$  – напряжение срабатывания защитного диода-супрессора;  $U_L$  – падения напряжения на дросселе;  $U_B$  – напряжения срабатывания предыдущих каскадов, улучшаются условия срабатывания энергоемких элементов защиты предыдущих ступеней и условия работы защитного диода-супрессора.

Как установлено при проведении испытаний, включение дросселя только в один провод приводит к выбою при перенапряжении, превышающем напряжение ограничения без дросселя (двухкаскадная схема с разрядником РВНШ-250, выравнителем ВОЦШ-220, дросселем в одном проводе на 200 мкГн, рисунок 3).

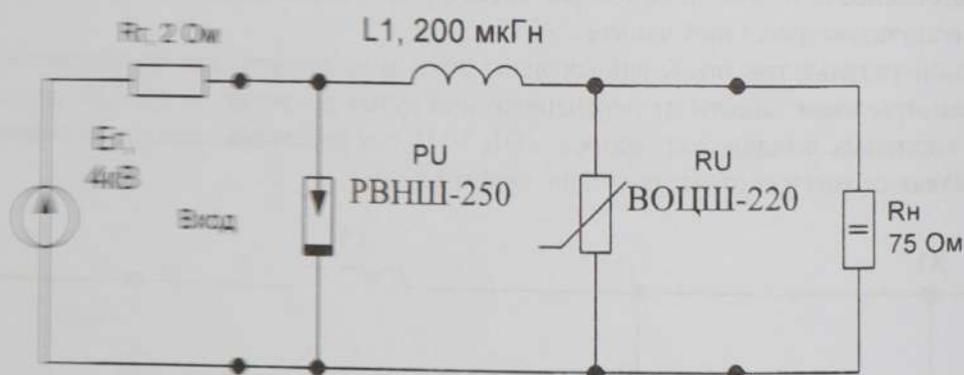


Рисунок 3 – Схема с установкой корректирующего дросселя в одну ветвь схемы

Это объясняется возникновением противо-ЭДС при кратковременном закрытии защитного элемента (для схемы на рисунке 3 элемент RU). Противо-ЭДС направлена в одну сторону с напряжением генератора, складывается с ним и напряжение на нагрузке увеличивается.

Для выбора типа устройства защиты третьей быстродействующей ступени необходимо учитывать амплитудное значение полезного сигнала в защищаемой цепи, его номинальное отклонение в сторону увеличения и отклонение от номинального значения напряжения срабатывания элемента защиты (рекомендуется в пределах 10–15 %).

При испытании трехкаскадной схемы защиты с разрядником РВНШ-250, выравнителем ВОЦШ-220, дросселями в обоих проводах на 200 мкГн и защитными диодами супрессорами 1,5 КЕ 400 А, показанной на рисунке 4, максимальное наблюдаемое напряжение на выходе схемы защиты (амплитудное значение) составило 480 В, против 750 В при испытании стандартной схемы защиты.

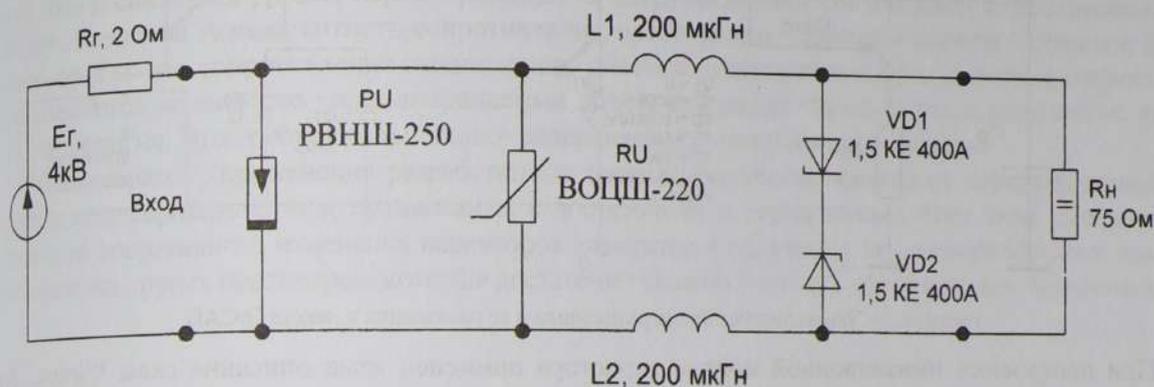


Рисунок 4 – Схема испытаний модернизированной схемы грозозащиты

Таким образом, модернизированная схема защиты (см. рисунок 4) является наиболее приемлемой по характеристикам защиты от перенапряжений.

УДК 656.25

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

*К. А. БОЧКОВ, Ю. Ф. БЕРЕЗНЯЦКИЙ, С. И. ХОМЕНКО*  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Испытание устройств и схем защиты от перенапряжений устройств автоматики и телемеханики связано с рядом существенных проблем. Так, с повышением степени жесткости испытаний возможен выход из строя как элементов схемы защиты, так и самого защищаемого объекта. Кроме того, электрические параметры элементов защиты под действием больших приложенных перенапряжений изменяются, что приводит к большому разбросу получаемых результатов измерений. При этом проведение измерений значительно затруднено как высокой скоростью протекания процессов, так и значительными уровнями энергии перенапряжений. Преодолеть вышеуказанные трудности позволяет моделирование элементов систем грозозащиты с помощью специальных программ. Для проведения моделирования необходимо разработать имитационные модели устройств защиты от перенапряжений, которые в большинстве пакетов схемотехнического моделирования отсутствуют.

При разработке имитационных моделей для программ схемотехнического моделирования, например OrCAD, может быть использована возможность построения модели устройства защиты на основе набора существующих схемных примитивов и посредством описания модели с помощью языка описания PSpice.

При построении модели разрядника в соответствии с рекомендациями IEEE применена эквивалентная схема разрядника, приведенная на рисунке 1.

На схеме указаны элементы:  $L_p$  ( $L1$ ) – индуктивность соединительных проводников разрядника,  $U_{вкл}$  (ключ  $S_1$ ) – емкость разрядника,  $R_v$  ( $R3$ ) – сопротивление во включенном состоянии, источник управляемый напряжением  $S1$  – определяет напряжение срабатывания разрядника. Источник напряжения  $V1$  и сопротивления  $R1$ ,  $R2$  моделируют импульс перенапряжения с параметрами согласно стандарту МЭК 61000-405 (СТБ ЕН 61000-4-5). В ходе моделирования установлено, что разработанная модель адекватно отражает процессы, протекающие при прохождении импульса перенапряжения через ступень защиты, содержащей разрядник.