

## Повышение надёжности в работе измерительных трансформаторов напряжения в сетях с изолированной нейтралью

Электрические сети 6÷35 кВ Украины и стран СНГ выполнены с изолированной нейтралью. Эти сети при определенных токах замыкания на землю (для  $U_n=35$  кВ –  $\geq 10$  А;  $U_n=10$  кВ –  $\geq 20$  А;  $U_n=6$  кВ –  $\geq 30$  А) должны иметь, как правило, реакторную или резистивную компенсацию нейтрали.

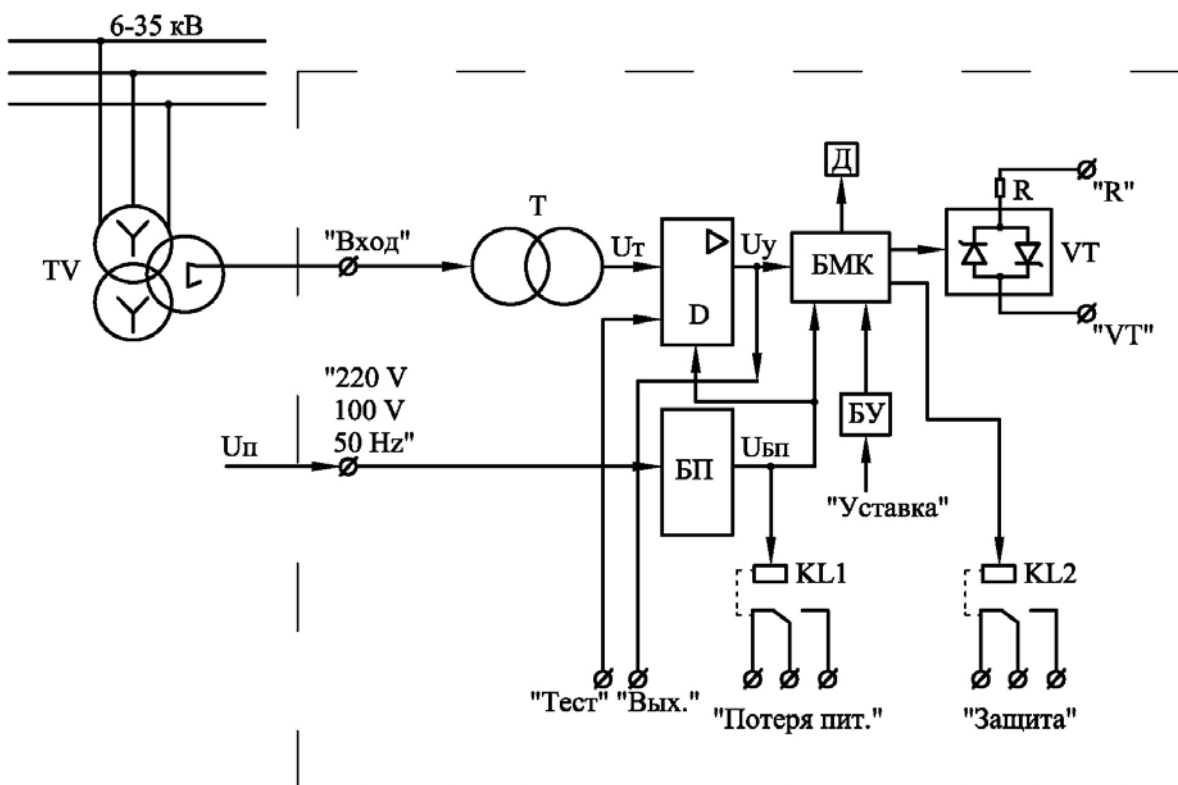
Основное преимущество сетей с изолированной нейтралью является возможность обеспечивать длительное время потребителей электроэнергией даже при наличии «земли» в сети без их отключения. В то же время одним из основных недостатков является опасность возникновения (при малых токах замыкания на землю равных 0,5÷3,5 А) феррорезонансных процессов с последующим повреждением электромагнитных трансформаторов напряжения (ТН).

Феррорезонансные процессы (ФРП) в таких сетях, как показывает опыт эксплуатации и исследования, проведенные учёными «Львовской политехники», возникают во время появления и обрыва «земли» в сети (срабатывание разрядников, касание ветвями деревьев, обрыв троса фаз ЛЭП, стекание капель росы по изоляторам, особенно загрязненных, некоторых коммутационных переключениях, приводящих к изменению ёмкости в сети и т.д.). В большинстве случаев эти ФРП проходят при частотах 17 и 25 Гц и сопровождаются протеканием через первичную обмотку ТН сверхтоков, которые на порядок и больше превышают допустимые для ТН токи, из-за чего первичные обмотки перегорают в течение нескольких минут. В эксплуатации имеют место случаи, когда первоначально по два-три раза (после замены) перегорают высоковольтный предохранитель 35 кВ, рассчитанный на номинальный ток срабатывания  $\geq 2$  А (это при том, что допустимый ток первичной обмотки ТН не превышает 60 мА), при этом повреждается ТН. Таким образом, имеет место неоднократные протекания больших токов через обмотку ТН сверх допустимых, которые постепенно, за счет перегрева внутренних слоев, приводят к разложению изоляции и повреждению ТН.

В настоящее время, если судить по публикациям российских журналов, проводится большая работа по защите ТН от их повреждений в сетях. Однако каждый из предлагаемых методов имеет свои недостатки и не в состоянии полностью решить проблему защиты ТН от воздействия ФРП. Кроме того, отсутствует возможность фиксации появления ФРП на участке сети с ТН.

С этой точки зрения наиболее эффективным способом подавления (а главное фиксацией времени и длительности) ФРП является устройство подавления резонанса (УПР), разработанное на кафедре электрических сетей «Львовской политехники» типа ПЗФ-5 (рис. 1, 2).

При возникновении феррорезонанса на выводах обмотки «разомкнутого треугольника» трехфазного ТН (или группы трех однофазных ТН) возникает напряжение нулевой последовательности  $3U_0 \approx 100$  В с субгармонической частотой (чаще всего 20÷25 Гц). После появления напряжения с субгармонической частотой устройство ПЗФ-5 с заданной задержкой времени однократно подключает к выводам обмотки «разомкнутого треугольника» резистор 5÷6 Ом на время, заданное для гашения ФРП. Подключенный резистор обеспечивает срыв (погашение) феррорезонансных колебаний в течение  $t \leq 0,3$  с, что исключает возможность термического повреждения обмоток ВН ТН феррорезонансными процессами.



- TV – трансформатор напряжения;
- T – понижающий трансформатор;
- D – операционный усилитель;
- БМК – блок микроконтроллера;
- VT – оптотиристоры;
- R – резистор;
- Д – дисплей;
- БУ – блок управления;
- БП – блок питания;
- KL1, KL2 – сигнальные реле

**Рисунок 1** – Структурная схема устройства ПЗФ-5

У устройства ПЗФ-5 предусмотрено однократное его включение на заданное время с повторной готовностью к срабатыванию через заданное время. При длительном феррорезонансе предусмотрено повторное однократное срабатывание устройства с последующим запретом (блокированием) импульса гашения вплоть до ликвидации феррорезонанса, после чего устройство снова будет готово к работе. Это обеспечивает термическую стойкость резистора при многократных частых пусках устройства (например при перемежающей дуге, частыми замыканиями на землю проводов сети ветками деревьев порывами ветра и т.д.). Устройство формирует архив и отражает на дисплее 5 последних режимов феррорезонанса (срабатываний устройства). В «архиве аварий» устройства накапливается информация о дате и времени возникавших аварийных состояний, что дает эксплуатации дополнительную информацию о состоянии сети в том или ином режиме, а по анализу «архива» есть возможность принять меры по повышению надежности сети в целом.

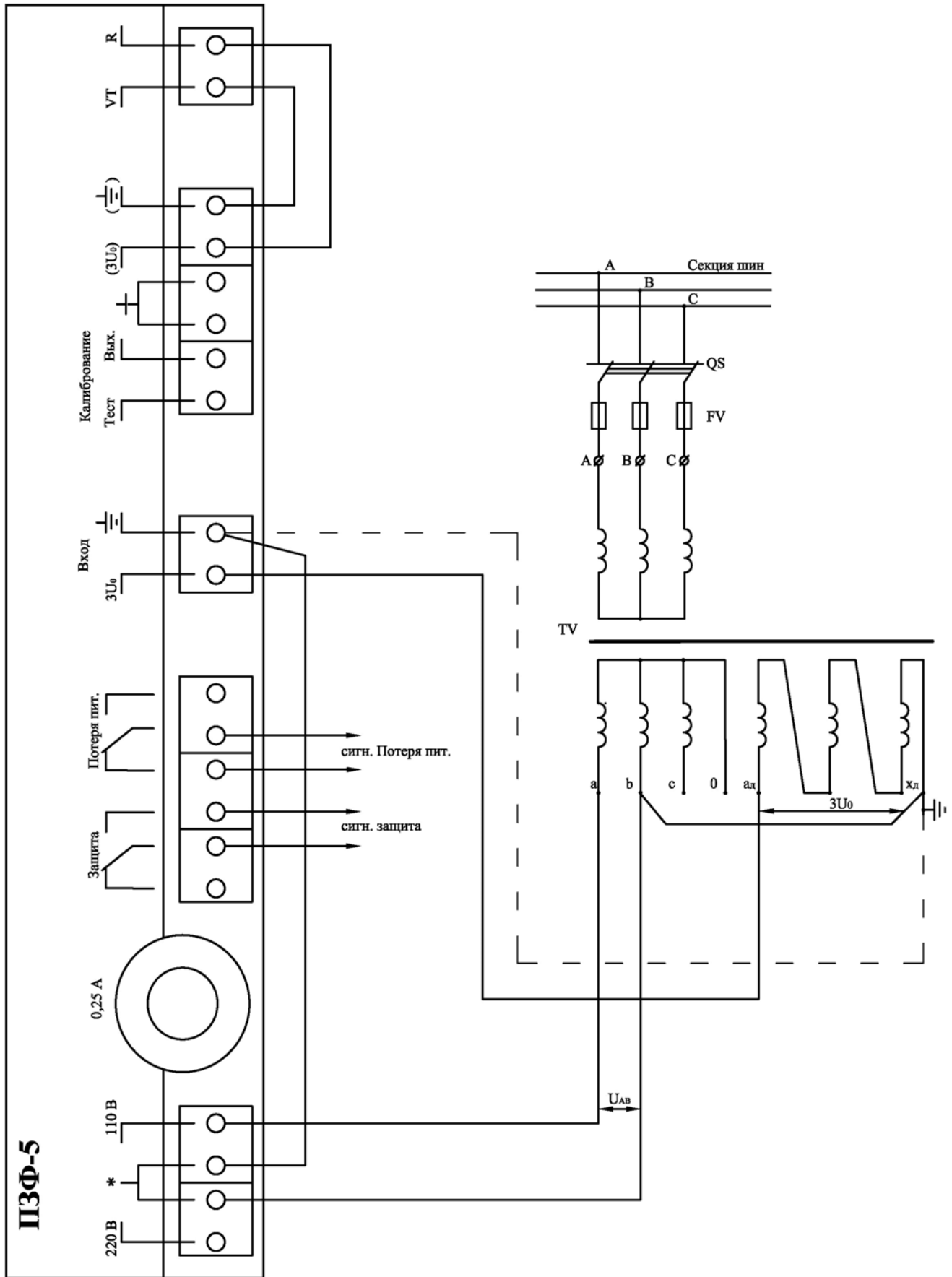


Рисунок 2 – Схема наружного подсоединения ПЗФ-5

В настоящее время в системах установлено около 60 УПР. В сетях, где они установлены, информации о повреждениях ТН и неправильной работе ПЗФ не поступало. Устройство представляет собой металлический ящик размерами 240x185x80 мм, к которому подводится питание ТН 100 В, 50 Гц и напряжение  $3U_0$  от «разомкнутого треугольника», по которому и определяется наличие резонанса в сети. Устройство потребляет не более 10 ВА, устанавливается на панели релейной защиты и может работать при температуре окружающей среды от  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . УПР ПЗФ-5 имеет кнопки вызова - ввода информации (с контролем информации по цифровому индикатору), проверки исправности (тестирования) а также контакты для запуска реле сигнализации - при срабатывании (пуске) защиты или потере питания. Вес устройства  $\leq 3$  кг (рис. 3).

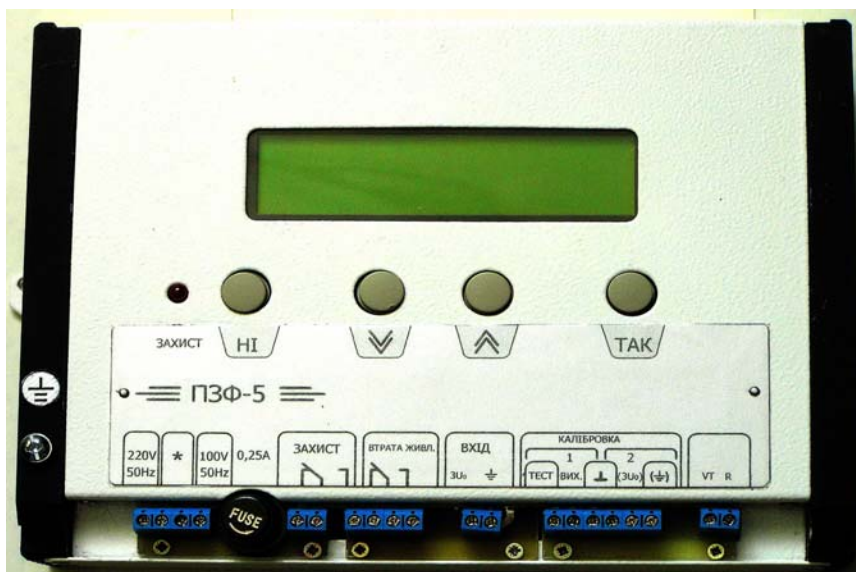


Рисунок 3 – Передняя панель устройства ПЗФ-5

**Обращаем Ваше внимание**, что прибор типа ПЗФ-5 эффективно защищает трансформатор напряжения от повреждения феррорезонансными процессами. Вместе с этим нужно учитывать, что ПЗФ-5 может сорвать ФРП и защитить ТН от повреждения только в том случае, если не менее 60% ТН в электрически связанной сети будет оборудовано устройством защиты. Наиболее благоприятными условиями для срыва ФРП является оборудование 80÷90% ТН в электрически связанной сети такими устройствами. Это связано с тем, что отключение в ремонт одного ТН оборудованного устройством ПЗФ приведет к тому, что общий процент оборудованных ТН уменьшится и условия для срыва ФРП соответственно ухудшатся.

Разработчики и изготовители ТН, так же как и эксплуатация заинтересованы в безаварийной работе ТН и было бы целесообразно провести проверку работы устройства ПЗФ-5 в наиболее проблемных сетях, обобщить опыт работы и на его основе принять окончательное решение о целесообразности применения ПЗФ-5.

Главный конструктор ОАО «ЗЗВА» -  
начальник ОГК

Б.С. Третьяк

Д.т.н., проф. каф. ЭСС, НУ «ЛП»

А.В. Журахивский

Зам. главного конструктора ОАО «ЗЗВА»

А.С. Чавке