

## УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЛАВНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Устройства предназначены для плавного включения мощных (до 100 МВА) трансформаторов на напряжение 6/10 кВ в режиме холостого хода без нагрузки с исключением пускового броска намагничивающего тока трансформатора.

При прямом подключении к сети амплитуда броска намагничивающего тока трансформатора в начальный момент времени может достигать (6-10)-кратного значения его номинального тока и может быть сравнима с ударным током короткого замыкания. Продолжительность воздействия броска тока намагничивания составляет в трансформаторах средней мощности 6-8 с, а для трансформаторов большей мощности до 20 с. В результате данные процессы могут привести к недопустимым просадкам напряжения питающей сети, отключениям источников электроэнергии малой генерации, срабатываниям устройств защиты и отключениям электропитания потребителей. Такие ситуации могут повлечь большие убытки, связанные с несанкционированным прерыванием технологического цикла производства. Также большие броски тока способствуют преждевременному выходу из строя трансформатора и вспомогательного силового оборудования, вызывают определенные проблемы с настройкой и достоверностью функционирования релейной защиты.

Пусковые броски намагничивающего тока трансформатора в основном обуславливаются наличием остаточной индукции в сердечнике трансформатора, которая может составлять 80-90% номинальной индукции. При включении трансформатора магнитная индукция начинает изменяться со смещением на значение остаточной индукции и может переместиться за излом характеристики намагничивания, что обуславливает насыщение магнитопровода трансформатора и возникновение больших бросков пусковых токов (рис. 1). При включении трансформатора под нагрузкой данный процесс происходит на фоне тока нагрузки и его характеристики сохраняются.



ШПТУ-Т

ООО НПП «ЭКРА» разработало и производит устройства плавного включения трехфазных трансформаторов мощностью до 100 МВА на стороне 6/10 кВ с помощью выпускаемых предприятием устройств плавного включения трансформаторов (УПВТ) двух типов:

1. Устройство ШПТУ-Т обеспечивает плавное включение трансформаторов методом плавного увеличения напряжения на трансформаторе при его включении.
2. Устройство на базе шкафов ШПКА/ШПВ обеспечивает плавное включение методом ограничения пускового тока за счет включения трансформатора через активное сопротивление.

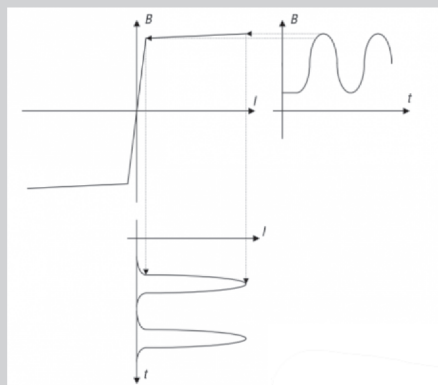


Рис. 1. Причина возникновения броска намагничивающего тока

## УСТРОЙСТВО ИСПОЛНЕНИЯ ШПТУ-Т

Устройство ШПТУ-Т представляет собой трехфазный тиристорный регулятор напряжения с фазовым управлением. На рис. 2 представлена типовая однолинейная схема плавного включения силового трансформатора. ШПТУ-Т подключается к питающей сети выключателем ячейки QF, шкафом с предохранителями ШПВ и к трансформатору — выключателем шкафа коммутационной аппаратуры ШПКА.

Плавное включение трансформатора производится устройством ШПТУ-Т при отключенном выключателе ячейки Q трансформатора и отключенном выключателе трансформатора на стороне высокого напряжения. Первоначально устройство ШПТУ-Т плавно подает на трансформатор пониженное переменное напряжение в пределах (5-10)% от номинального значения, регулируемое по специальному алгоритму в течение времени в пределах до 1 с. Под его воздействием происходит процесс размагничивания трансформатора. Далее выполняется плавное увеличение напряжения на обмотках трансформатора путем изменения фазового угла управления тиристоры. Данный процесс заканчивается в момент приложения к трансформатору полного напряжения питающей цепи (тиристорные модули открыты непрерывно). Затем подается команда на включение выключателя ячейки Q трансформатора и последующее отключение выключателя ячейки QF1 и выключателя шкафа коммутационной аппаратуры ШПКА. На этом процесс безударного включения трансформатора в режиме холостого хода завершен.

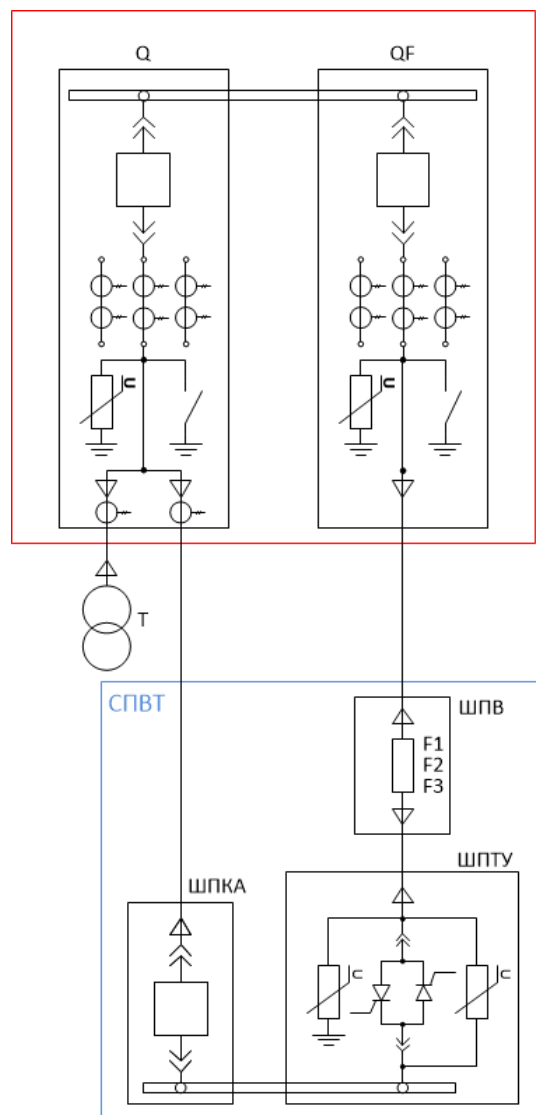


Рис. 2

В целом указанный процесс включения трансформатора выполняется при токах величиной не более номинального намагничивающего тока трансформатора (тока холостого хода). Например, для трансформатора мощностью 25000 кВА,  $I_{ном} = 2400$  А,  $I_{хх} = 0,6\%$  включение устройством ШПТУ-Т на холостой ход реализуется с токами главных цепей, менее:

$$I_A \approx I_B \approx I_C \approx (15-50) \text{ А}$$

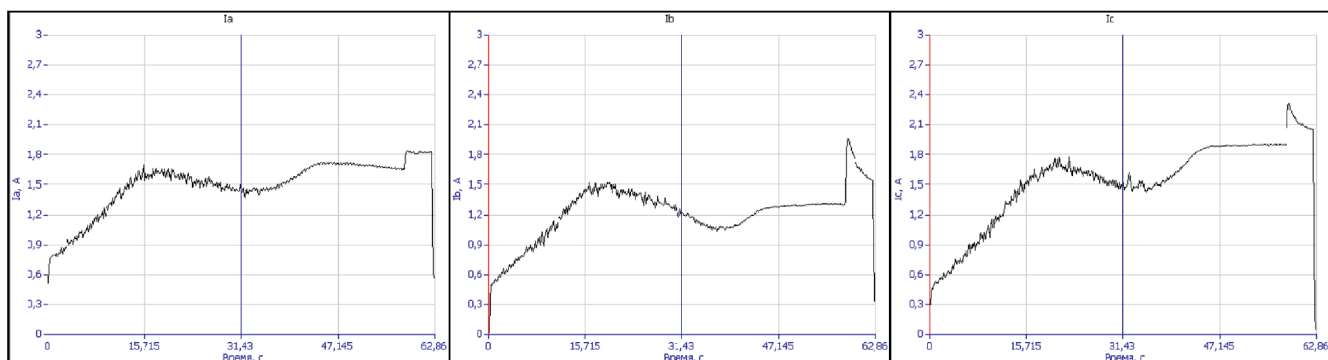


Рис. 3. Графики фазных пусковых токов

## УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИХ РЕЗИСТОРОВ

Включение трансформатора производится через токоограничивающие резисторы, включаемые последовательно с обмотками трансформатора кратковременно, на время прохождения переходных процессов при включении трансформатора под напряжение.

Этот способ используется для включения трансформаторов с током холостого хода обмоток в пределах до (3-4) А напряжением 6/10 кВ и мощностью до 10 МВА. Принцип включения трансформатора по данному способу заключается в том, что на время протекания переходных процессов последовательно с фазными обмотками трансформатора подключаются резисторы, ограничивающие ток трансформатора на уровне, не превышающем ток холостого хода. За 10-20 периодов сети трансформатор размагничивается и переходит на работу по основной кривой намагничивания. Затем резисторы шунтируются высоковольтным выключателем. Этот способ включения трансформаторов может быть реализован с помощью устройств на базе ШПКА/ШПВ, содержащих высоковольтный коммутационный аппарат и токоограничивающие резисторы.

На рисунке 4 представлена однолинейная схема плавного включения трансформатора через резисторы.

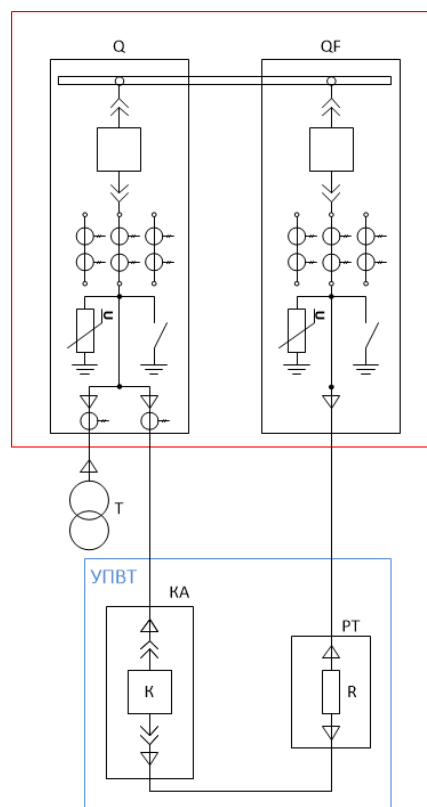


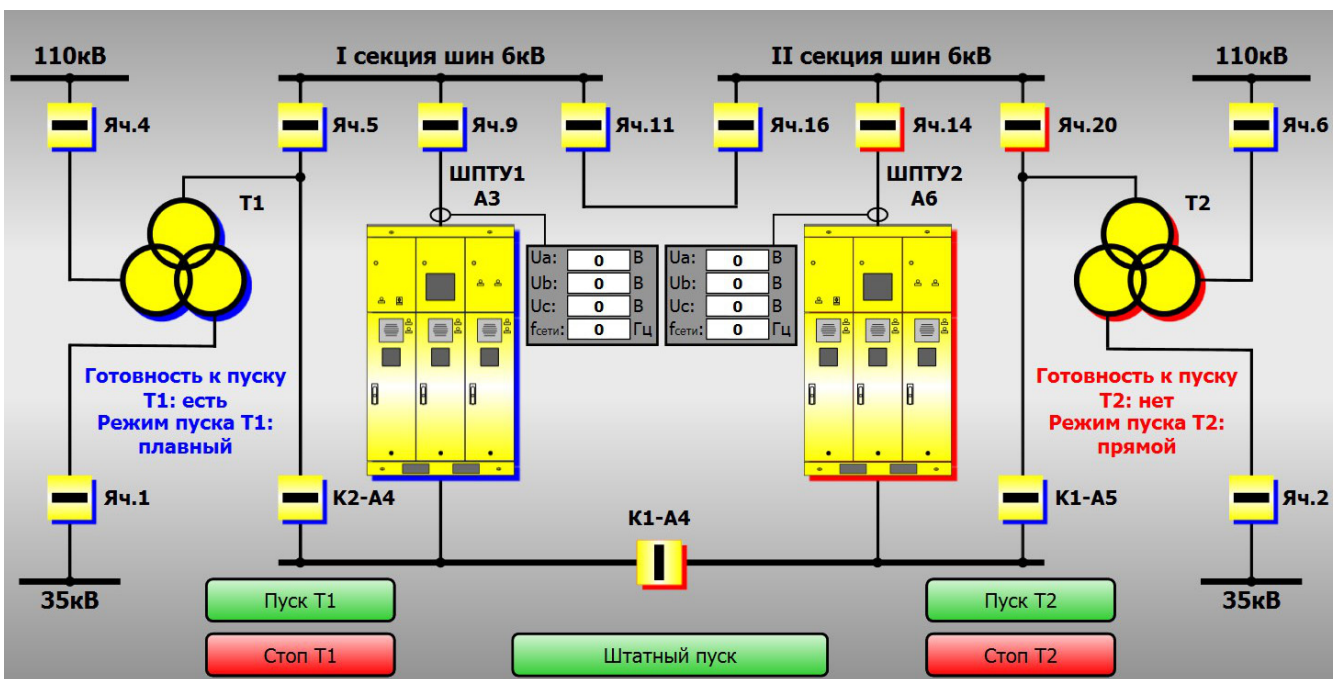
Рис. 4

- T*- включаемый трансформатор
- Q*- ячейка рабочего выключателя трансформатора
- QF*- ячейка подключения УПВТ к питающей сети
- КА*- высоковольтный коммутационный аппарат
- РТ*- резисторы токоограничивающие

## Системы плавного включения группы трансформаторов на базе УПВТ

На базе устройств плавного включения трансформаторов (УПВТ) можно реализовать системы плавного включения группы трансформаторов от одного/нескольких УПВТ. В этом случае дополнительно устанавливаются коммутационные аппараты для подключения УПВТ к выбранному для включения трансформатору, и система оснащается промышленным контроллером производства НПП «ЭКРА», обеспечивающим взаимодействие элементов системы и связь с АСУ энергетика.

УПВТ могут эффективно использоваться в различных отраслях промышленности и энергетики. Одной из основных областей применения УПВТ являются автономные газотурбинные и дизельные электростанции с распределительными трансформаторами мощностью до 100 МВА с вторичным напряжением 6/10 кВ.



### КОНТАКТЫ:

ООО НПП «ЭКРА»,  
428020, РФ, г.Чебоксары,  
пр. И. Яковлева, 3.

Тел./факс: (8352) 22-01-10  
Автосекретарь: (8352) 22-01-30  
E-mail: ekra@ekra.ru  
www.ekra.ru

Директор департамента  
высоковольтной  
преобразовательной техники:  
Вишневикий Владимир Ильич  
Тел. (8352) 22-01-30 (доб. 9215)  
E-mail: vishnevskiy-v@ekra.ru

Заместитель руководителя  
департамента технического маркетинга:  
Паймурзов Александр Геннадьевич  
Тел. (8352) 22-01-30 (доб. 1143)  
E-mail: paymurzov\_ag@ekra.ru

Заместитель директора  
по маркетингу и продажам:  
Тарасов Евгений Викторович  
Тел. (8352) 22-01-30 (доб. 1227)  
E-mail: tarasov\_ev@ekra.ru