

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ КОММУТАЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СЕТЯХ ДО 1000 В**

**Кузьмин И.С.**

**Научный руководитель доктор тех.наук. профессор Пантелеев В.И.  
Сибирский федеральный университет**

Широкое использование вакуумных выключателей и положительный опыт их эксплуатации в системах электроснабжения 6-10кВ промышленных предприятий позволил использовать вакуумные коммутационные аппараты в сетях до 1000В.

В сетях до 1000В в основном используются вакуумные контакторы (ВК) с номинальным током от 65 до 3000А. Высокая коммутационная износостойкость, практическая одновременность замыкания контактов, минимальные затраты на обслуживание, делают ВК очень привлекательными для эксплуатационного персонала. Однако при коммутации электродвигателей и трансформаторов, ВК создают предпосылки для возникновения значительных коммутационных перенапряжений (КП).

Исследования в этой области носят точечный характер. Поэтому целью исследований являлось изучение перенапряжений при коммутации силовых трансформаторов и электродвигателей в сетях до 1000В.

Было принято решение на первоначальном этапе исследовать КП в лабораторных условиях на реальных трансформаторах и электродвигателях. Т.к. исследования в производственных условиях связано с определенными трудностями : непрерывность технологического процесса, отключение нагрузки, большими количеством операций по включению и отключению трансформатора и электродвигателя.

В период с 2010-2011 на кафедре ЭГМП была создана лаборатория по изучению КП в сетях до 1000В.

Внешний вид лаборатории представлен в верхней части слайда 1.

В качестве объектов исследования использовались силовые трансформаторы  $S=250$  кВА с  $K_T=1,73$  и 4,2 и электродвигатели мощностью 3; 4,5 и 8 кВт. В качестве измерительного оборудования использовались: осциллограф, делитель напряжения ДНЕК 10 и ПКК-57.

Внешний вид измерительного оборудования представлен в нижней части слайда 1.

КП изучались для следующих режимов работы трансформаторов: режим ХХ, неполно фазный режим работы трансформатора, то есть когда происходит обрыв одной из фаз сети. Изучался переход волны перенапряжений из обмотки ВН в обмотку НН трансформатора. Для электродвигателей исследовали режим ХХ и отключение не развернувшегося электродвигателя. В данных режимах наблюдались наибольшие уровни КП.

В результате экспериментальных исследований было получено около 1100 осциллограмм для трансформаторов и 900 осциллограмм для электродвигателей.

Статистическая обработка данных, производимая по алгоритму и с помощью формул представленных на слайде 2. В качестве основных критериев по влиянию на величину КП таких факторов, как коэффициент трансформации трансформатора и мощность электродвигателя использовались  $\chi^2_{\text{пирсона}}$ , сравнение средних значений и сравнение дисперсий. Закономерность максимальных значений КП зарегистрированных в ходе экспериментов определялась проверкой на экстремальность согласно выражений представленных на нижней части слайда 2.

Зависимости кратности КП от мощности асинхронного двигателя при включениях и отключениях представлены в левой части слайда 5. Осциллограммы, на которых зафиксированы максимальные кратности КП представлены в правой части слайда 5. Из которых видно, что максимальной кратностью КП обладает электродвигатель мощностью 4,5 кВт с дальнейшим увеличением или снижением мощности электродвигателей кратность КП снижается, при этом, для электродвигателей мощностью 3; 4,5 и 8 кВт зафиксированы максимальные кратности перенапряжений равные 50; 65; 22,9.

В то время как в сетях 6-10 кВт кратности перенапряжений не превышают семикратных значений.

Очевидно, что эксплуатация электродвигателей в сетях до 1000 В без средств защиты от КП может привести к пробое изоляции статорных обмоток электродвигателей.

Во время экспериментальных исследований электродвигатель мощностью 4,5 кВт вышел из строя за счет пробоя изоляции обмотки электродвигателя, при этом величина перенапряжения достигла практически 25-ти кВ.

Согласно нормам по испытанию изоляции электродвигателей в сетях до 1000В допустимая кратность КП не должна превышать 2,6.

В лаборатории изучались не только КП на индивидуальных электродвигателях, но и выполнялись исследования по изучению КП в узлах электрических нагрузок. Наиболее характерными режимами являются групповые отключения электродвигателей с помощью вводного аппарата и подключение дополнительного электродвигателя к узлу электрической нагрузке.

На слайде 6 представлены характерные осциллограммы при групповых отключениях : В одном случае при однополярных коммутационных импульсах (КИ) кратность в узле электрической нагрузке определяется разностью, а в другом случае суммой КИ на отдельных электродвигателях.

Детальное изучение подобного физического явления требует дополнительных исследований.

Получены интересные данные отражающие влияние пуска отдельных электродвигателей на кратность КП на вводах уже работающих электродвигателях.

Исследования показали, что при пуске более мощного электродвигателя кратность перенапряжений на остальных двигателях всегда меньше кратности перенапряжений электродвигателя находящегося в режиме пуска, что видно из осциллограмм на слайде 7.

В случае запуска электродвигателя меньшей мощности наибольшая кратность перенапряжений наблюдается на электродвигателе большей мощности, находящегося в работе. Это видно из осциллограмм, представленных на слайде 7. Подобное явление требует дополнительных исследований и объяснений.

Таким образом, полученные результаты в первую очередь указывают на актуальность разработки средств защиты электродвигателей, эксплуатируемых в сетях до 1000В, от КП которая будет решаться в ближайшей перспективе.