

Резонансные системы испытаний переменного напряжения с регулируемой частотой



Резонансная система 1000 кВ / 6000 кВА для испытаний распределительных устройств с элегазовой изоляцией на 750 кВ на месте эксплуатации
Hyosung



Резонансная система 1000 кВ / 6000 кВА
Qinghai Power Testing Research Institute

Применение

Резонансные системы испытаний переменным напряжением с регулируемой частотой применяются для испытаний электрической прочности емкостных объектов на месте эксплуатации: силовых трансформаторов, силовых кабелей, турбин и генераторов ГЭС. Ввиду большой емкости объекта и необходимого высокого испытательного напряжения требуется большая мощность источника питания. По сравнению с традиционными системами для испытаний на переменном напряжении резонансная испытательная система с регулируемой частотой отличается компактностью, небольшим весом и транспортабельностью. Система состоит из модулей, которые можно комбинировать в разных сочетаниях. Это снижает трудозатраты на сборку системы и повышает эффективность применения.

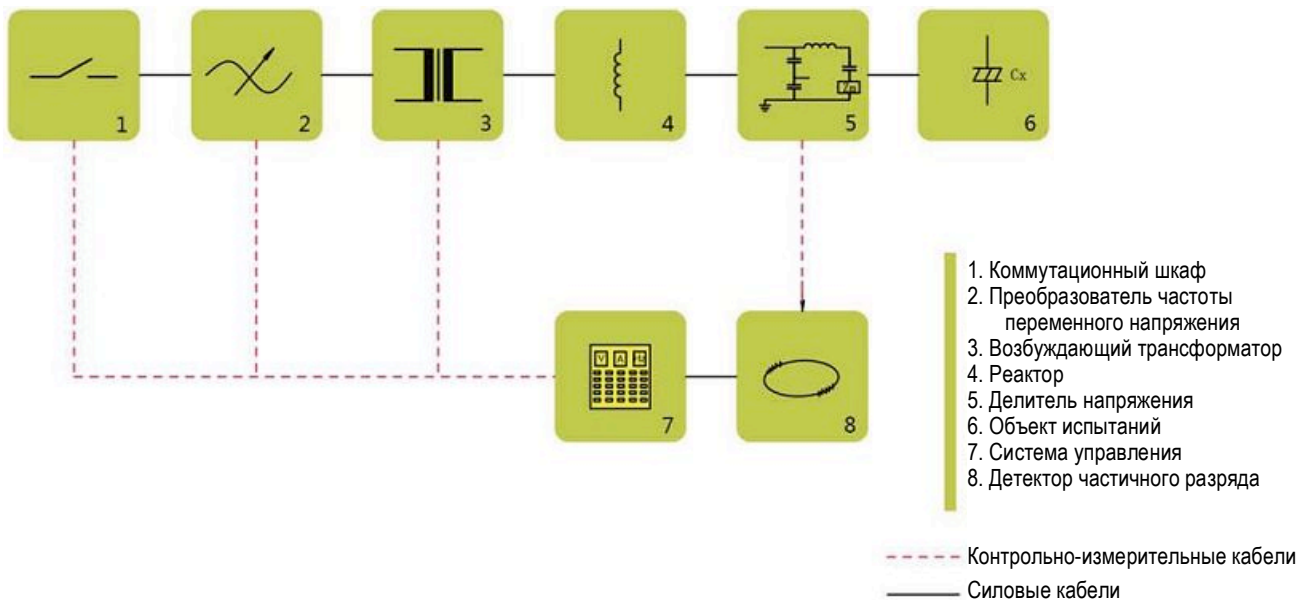
Особенности системы

- Чистая синусоидальная форма переменного напряжения: коэффициент нелинейных искажений не превышает 3%
- Частотный диапазон 10 Гц ÷ 300 Гц
- Уровень частичного разряда < 10 пКл
- Модульная конструкция облегчает адаптацию системы к требованиям испытаний, упрощает и ускоряет сборку системы
- Волоконно-оптическая линия связи обеспечивает гальваническую развязку высоковольтных цепей регулирования и низковольтных цепей управления
- Компьютерное управление частотой, точность установки частоты 0,1 Гц, нестабильность выходного напряжения < 1%.

Состав системы

- Коммутационный шкаф
- Преобразователь частоты переменного напряжения (конвертор)
- Возбуждающий трансформатор
- Реактор(ы)
- Емкостной делитель напряжения (выполняет функцию разделительного конденсатора)
- Контрольно-измерительная система

Блок-схема системы



Компоненты

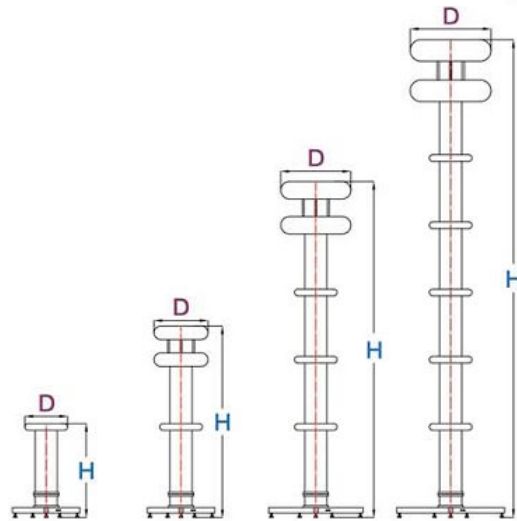
Реакторы цилиндрического типа

Реакторы цилиндрического типа могут работать при последовательном или параллельном соединении и допускают установку друг на друга. Изоляционная оболочка изготовлена из стеклопластика и заполнена маслом. Обычно реакторы работают в кратковременном режиме при номинальном токе. Один реактор цилиндрического типа может работать при напряжении 400 кВ, а при последовательном соединении реакторов до 1600 кВ

Реакторы в металлическом корпусе наиболее пригодны для испытаний объектов, обладающих большой емкостью. Реакторы с заданными характеристиками могут быть изготовлены по заказу.

Описание конструкции

- Реактор в изоляционном корпусе имеет полую конструкцию с многослойными обмотками. Реактор в металлическом корпусе имеет магнитный сердечник с воздушным зазором и многослойные обмотки.
- Внутри реактора находится маслостойкая резиновая пленка с достаточным запасом на расширение.
- Двойные распределительные кольца, конструкция легко разбирается.
- Опорная платформа изготовлена из немагнитной стали. Конструкция легко разбирается и является транспортабельной. В зависимости от последовательного или параллельного соединения реакторов требуется несколько платформ. Необходимо по меньшей мере одна платформа с подъемными приспособлениями, способная обеспечивать устойчивость во всех случаях.

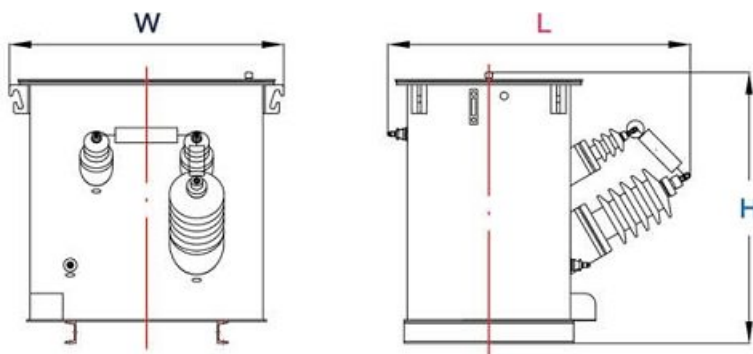


Параметры реакторов

Тип	Ном. U	Ном. I	Ном. P	Диапазон нагрузки включающая базовую		К-во реакторов	H	D изол. оболочки	Вес	Вес масла
	кВ	А	кВА	300 Гц Cmin (нФ)	10 Гц Cmax (нФ)					
XZF-375/250	250	1.5	375	3.18	95.49	1	2400	1000	980	380
XZF-750/250	250	3	750	6.37	190.99	1	2500	1100	1300	450
XZF-750/300	300	2.5	750	4.42	132.63	1	2800	1250	1450	540
XZF-1200/300	300	4	1200	7.07	212.21	1	2800	1350	1700	620
XZF-1200/300	300	6	1800	10.61	318.31	1	2800	1400	2030	700
XZF-800/400	400	2	800	2.65	79.58	1	3100	1500	1560	620
XZF-1600/400	400	4	1600	5.31	159.15	1	3100	1550	2060	760
XZF-2400/400	400	6	2400	7.96	238.73	1	3100	1600	2510	880
XZF-3200/400	400	8	3200	10.61	318.31	1	3100	1650	2740	940
XZF-750/2*250	500	1.5	750	1.59	47.75	2	4800	1600	2058	760
XZF-1500/2*250	500	3	1500	3.18	95.49	2	5000	1600	2730	900
XZF-1500/2*300	600	2.5	1500	2.21	66.31	2	5600	1800	3045	1080
XZF-2400/2*300	600	4	2400	3.54	106.10	2	5600	1800	3570	1240
XZF-3600/2*300	600	6	3600	5.31	159.15	2	5600	1800	4263	1400
XZF-1600/2*400	800	2	1600	1.33	39.79	2	6200	2000	3276	1240
XZF-3200/2*400	800	4	3200	2.65	79.58	2	6200	2000	4326	1520
XZF-4800/2*400	800	6	4800	3.98	119.37	2	6200	2000	5271	1760
XZF-6400/2*400	800	8	6400	5.31	159.15	2	6200	2000	5754	1880
XZF-1125/3*250	750	1.5	1125	1.06	31.83	3	7200	2000	3087	1140
XZF-2250/3*250	750	3	2250	2.12	63.66	3	7500	2000	4095	1350
XZF-2250/3*300	900	2.5	2250	1.47	44.21	3	8400	2000	4567.5	1620
XZF-3600/3*300	900	4	3600	2.36	70.74	3	8400	2000	5355	1860
XZF-3600/2*300	900	6	5400	3.54	106.10	3	8400	2000	6394.5	2100
XZF-2400/3*400	1200	2	2400	0.88	26.53	3	9300	2200	4914	1860
XZF-4800/3*400	1200	4	4800	1.77	53.05	3	9300	2200	6489	2280
XZF-7200/3*400	1200	6	7200	2.65	79.58	3	9300	2400	7906.5	2640
XZF-9600/3*400	1200	8	9600	3.54	106.10	3	9300	2400	8631	2820
XZF-1500/4*250	1000	1.5	1500	0.80	23.87	4	9600	2000	4116	1520
XZF-3000/4*250	1000	3	3000	1.59	47.75	4	10000	2000	5460	1800
XZF-3000/4*300	1200	2.5	3000	1.11	33.16	4	11200	2400	6090	2160
XZF-7200/4*300	1200	6	7200	2.65	79.58	4	11200	2400	8526	2800
XZF-3200/4*400	1600	2	3200	0.66	19.89	4	12400	3000	6552	2480
XZF-3200/2*400	1600	4	6400	1.33	39.79	4	12400	3000	8652	3040
XZF-9600/4*400	1600	6	9600	1.99	59.68	4	12400	3000	10542	3520
XZF-12800/4*400	1600	8	12800	2.65	79.58	4	12400	3000	11508	3760

Возбуждающий трансформатор

Обычно имеет несколько выходных отводов. Предназначен для питания резонансных реакторов переменным напряжением. Возбуждающий трансформатор оборудован защитой от разряда.



Параметры возбуждающих трансформаторов

Тип	Номинальная мощность		Размеры			Вес
	кВА	W (мм)	L (мм)	H (мм)	кг	
ZB-50	50	800	900	920	570	
ZB-100	100	920	990	920	800	
ZB-150	150	1000	990	1150	1150	
ZB-200	200	1100	1100	1240	1300	
ZB-250	250	1100	1100	1240	1400	
ZB-300	300	1100	1100	1250	1450	
ZB-350	350	1100	1100	1250	1600	
ZB-400	400	1100	1050	1250	1700	
ZB-450	450	1150	1150	1300	1900	
ZB-500	500	1330	1380	1340	2400	

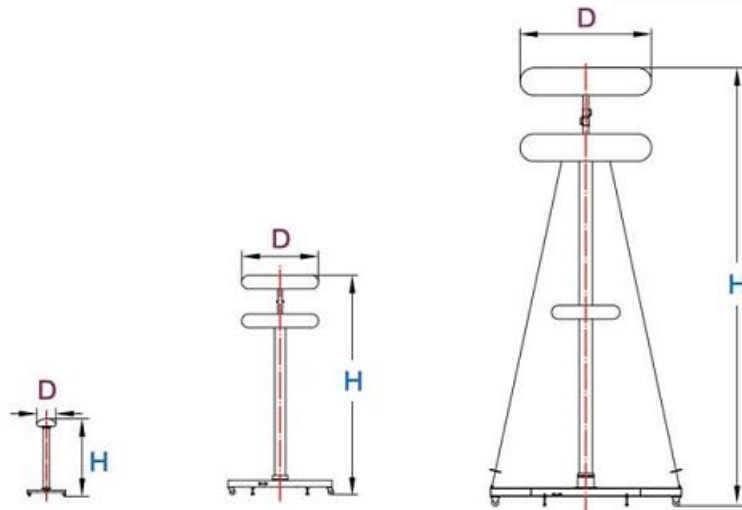
Делитель напряжения

Функционирует также в качестве высоковольтного фильтра и разделительного конденсатора. Делитель напряжения применяется для измерения напряжения. Напряжение и емкость делителя могут изменяться в широких пределах. Делитель напряжения выполнен в виде высоковольтной и низковольтной частей и имеет вывод для измерения напряжения.

Иногда можно использовать делитель напряжения в качестве разделительного конденсатора или базовой нагрузки резонансной цепи. При измерении частичного разряда необходимо добавить индуктивность для ослабления помех со стороны высокого напряжения.

Параметры делителей напряжения

Тип	C	Номинальное U	D	H	Вес
	пФ	кВ	мм	мм	кг
TAWF-250	3000/6000	250	900	2260	120/190
TAWF-300	4000/10000	300	900	2700	220/360
TAWF-400	2500/10000	400	1200	3500	300/540
TAWF-500	1500/3000	500	1800	4850	400/660
TAWF-800	1250/5000	800	2000	6400	920/1100
TAWF-900	1000/3500	900	2000	8000	1100/1300
TAWF-1000	1000/2500	1000	2400	9700	1300/1430
TAWF-1200	1000/2500	1200	2400	10640	2200/2450
TAWF-1600	1000/2500	1600	2600	13000	3000/3200



Преобразователь частоты А

Преобразователь частоты переменного напряжения получает питание непосредственно от трехфазной электросети с напряжением 380 В. Входное напряжение подается через вакуумный выключатель с быстродействующей защитой на трехфазный выпрямительный мост, на выходе которого получается пульсирующее постоянное напряжение. Для сглаживания пульсаций используется высоковольтный фильтр, который содержит индуктивность и емкость. Сглаженным постоянным напряжением питается усилитель мощности. По сравнению со среднечастотным питанием группы генераторов, которые требуют запуска с переключением "звезда-треугольник" или асинхронного запуска, этот преобразователь частоты запускается легко и надежно.

Входная цепь питания оборудована защитой от токовой перегрузки по переменному напряжению, а также быстродействующей защитой по постоянному току. Имеется также цепь защиты нулевого положения, которая управляется специальной микросхемой. Быстродействующая защита по постоянному току размыкает входную цепь питания в течение 10 мкс после возникновения неполадки.

Специальная микросхема работает в качестве управляемого генератора, который генерирует синусоидальное напряжение с плавно регулируемой частотой 20 ÷ 300 Гц, которое подается на усилитель мощности.

Усилитель мощности имеет два выходных канала. В первом канале регулируется амплитуда для возбуждения мостовой схемы усилителя мощности. Во втором канале амплитуда зафиксирована для подачи напряжения на синхронный источник питания специально для детектора частичного разряда. Четыре плеча схемы мостового усилителя мощности синусоидального напряжения образованы параллельно соединенными мощными транзисторами. Здесь приняты специальные меры для обеспечения равномерного распределения тока и для защиты. В схеме усилителя мощности используется отрицательная обратная связь для снижения нелинейных искажений. Для защиты усилителя мощности от перегрева применяется принудительное воздушное охлаждение. Специальная схема контролирует температуру на входе и выходе. Эти значения температуры индицируются на экране блока управления. Усилитель мощности управляется специальной микросхемой в реальном масштабе времени. Выходное напряжение остается неизменным при повышении температуры. Для поддержания стабильности выходного напряжения используется дополнительная отрицательная обратная связь, которая реализуется программным путем.

Испытываемый трансформатор или резонансная цепь не отключаются при возникновении неполадки внутри мощного преобразователя частоты или в случае перебоя в электропитании.

Соединения между преобразователем частоты и блоком управления, а также между блоком управления и делителем напряжения осуществляются волоконно-оптическим кабелем. При возникновении пробоя объекта испытаний не происходит повреждение блока управления ввиду отсутствия обратного воздействия.

Важной частью системы в целом является контроллер. В качестве контроллера используется микрокомпьютер. Вся рабочая информация отображается на экране. Цепь управления получает независимое питание от источника с напряжением 220 В, 50 Гц. Возможно как ручное, так и автоматическое управление.



Параметры преобразователя частоты А

Тип	Ном-я Выход. Р	Трех Фазное вход. U	Одна фаза выход U	Ном-я Выход I	Диапазон	Точность	Кoeffициент нелинейного искажения	Уровень шума	Размеры			Вес	
	кВт	В	В	А	Гц	Гц			L (мм)	W (мм)	H (мм)		кг
HVFS-5kW	5	380	0-350	0-14	10-300	0.1	≤ 1 %	≤ 45 дБ	620	550	530	50	
HVFS-10kW	10			0-28					≤ 50 дБ	630	470	580	60
HVFS-15kW	15			0-43					≤ 55 дБ	680	540	610	80
HVFS-50kW	50			0-143					≤ 60 дБ	1180	700	1480	500
HVFS-75kW	75			0-214					≤ 65 дБ	1180	700	1480	600
HVFS-100kW	100			0-286					≤ 70 дБ	1200	800	1600	800
HVFS-200kW	200			0-571					≤ 70 дБ	1260	920	1930	1200
HVFS-260kW	260			0-743					≤ 75 дБ	1800	800	1660	1500
HVFS-300kW	300			0-857					≤ 75 дБ	1800	800	1860	1800
HVFS-400kW	400			0-1143					≤ 85 дБ	1800	920	2120	2000
HVFS-450kW	450	0-1286	≤ 85 дБ	1800	920	2120	2200						

Преобразователь частоты В

Основные параметры

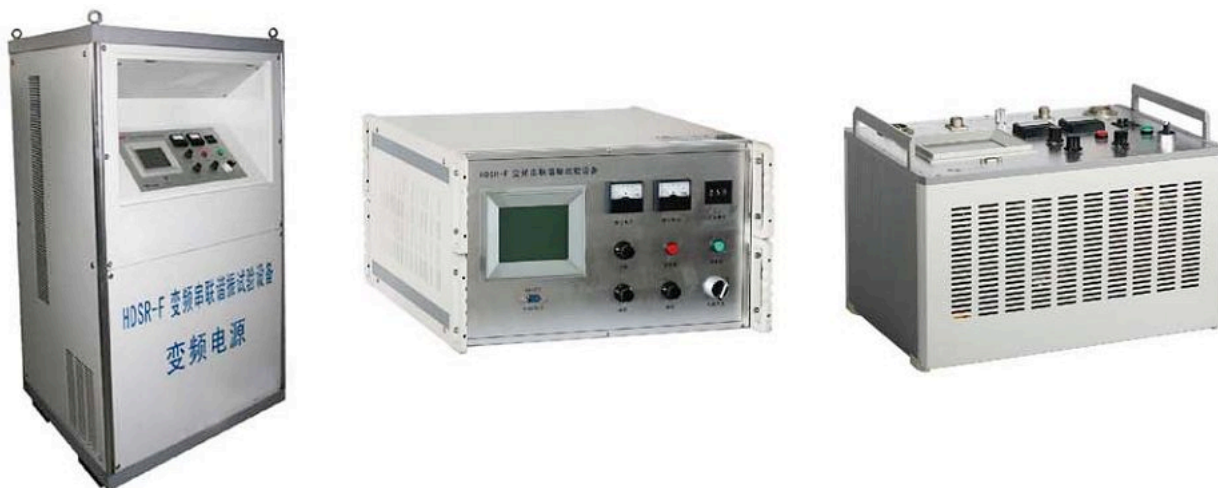
- Входное напряжение: трехфазное 380 В ± 10%, 50 Гц
- Выходное напряжение: 0 ÷ 450 В
- Частота выходного напряжения: 20 ÷ 300 Гц; точность установки частоты 0,1 Гц; нестабильность частоты < 0,05%

Особенности

- Установка параметров: выбор и установка испытательного напряжения, времени нарастания напряжения, режима испытания, режима изменения частоты, масштабного коэффициента делителя и т.д.
- Режимы испытаний: ручное управление или автоматическое управление
 - а) Ручное управление испытанием: Нарастание напряжения, настройка на резонанс (ручная или автоматическая), изменение частоты, снижение напряжения (вручную или автоматически) и т.д.
 - б) Автоматическое управление испытанием: При выборе режима автоматического управления испытанием автоматически выполняется настройка на резонанс, нарастание напряжения, снижение напряжения и отключение цепи. По завершении испытания на экран выводится результат испытания.
- Защитные средства: множество средств защиты от перенапряжения (для защиты оборудования и программного обеспечения), от токовой перегрузки, от неправильной настройки на резонанс, от нулевого положения, от перегрева и от разряда.
- Сохранение данных в памяти: возможности сохранения результатов в памяти, вызова их из памяти, распечатки и просмотра.
 - а) Результаты испытания: по завершении испытания в ручном или автоматическом режиме управления на экране блока управления отображаются подробные данные испытания. Если испытание прерывается, то появляется сообщение, указывающее причину. Данные сохраняются в долговременной (энергонезависимой) памяти, которая может хранить данные 50 испытаний.
 - б) Вызов данных из памяти: Занесенные в память данные можно вызвать на экран и передать на принтер через интерфейс RS-232.
- Автоматическая стабилизация напряжения: Согласно установке испытательного напряжения или процедуре ручного управления нарастанием напряжения система отслеживает и стабилизирует испытательное напряжение с точностью до 1%.
- Можно установить диапазон изменения частоты 20 ÷ 300 Гц, 45 ÷ 65 Гц или 20 ÷ 400 Гц в зависимости от требований испытаний. Можно установить разрешение частоты 0,1 Гц, 0,05 Гц, 0,02 Гц или 0,01 Гц для достижения баланса между резонансной частотой и точностью настройки на резонанс.
- Система двойного мониторинга: Помимо крупного экрана с отображением множества данных здесь имеются стрелочные индикаторы напряжения и тока для наглядной индикации данных в процессе испытания. Эта система двойного мониторинга особенно удобна для высоковольтных испытаний.

- Двойная система защиты от перенапряжения с применением программных и аппаратных средств защиты для обеспечения безопасности персонала и оборудования.
 - а) Автоматическая установка перенапряжения: Когда значение уровня срабатывания аппаратной защиты является несоответствующим, система автоматически корректирует напряжение до 1,1 значения испытательного напряжения.
 - б) Независимая аппаратная защита: Значение уровня срабатывания защиты устанавливается на передней панели, что является очень наглядным средством. Защита от перенапряжения полностью осуществляется аппаратным путем, что обеспечивает помехоустойчивость, надежность и безопасность.
- Переключение позиций делителя напряжения: На основе специфических требований выбирается подходящее количество каскадов и класс напряжения. Система автоматически находит подходящий коэффициент деления. При этом не требуются какие-либо вычисления; коэффициент деления отображается прямо на экране. Вольтметр индицирует испытательное напряжение.
- Онлайнное компьютерное управление: Компьютер управляет всеми операциями, кроме включения и выключения питания.
- Программная калибровка средств измерений: Это скрытая функция, которая предлагается пользователю, если необходимо. Когда установлено программное обеспечение, то не требуется выполнять никаких операций с оборудованием. Эта функция помогает пользователю выполнять калибровку средств измерений в системе во время обследования оборудования.

Внешний вид преобразователей частоты В



Параметры преобразователей частоты В

Тип	Ном-я Выход. P	Трех Фазное вход. U	Одна фаза выход U	Диапазон Гц	Точность Гц	Коэффициент нелинейного искажения	Размеры			Вес кг
	кВт	В	В				L (мм)	W (мм)	H (мм)	
Y4 (1-phase)	4	380	0-450	10-300	0.1	≤ 1 %	400	310	280	14
Y6 (1-phase)	6						400	310	280	14
Y8 (3-phase)	8						440	320	280	16
Y8 (1-phase)	8						560	450	280	45
Y10 (1-phase)	10						560	450	280	45
Y12 (1-phase)	12						560	450	280	45
Y12 (3-phase)	12						440	320	280	16
Y20 (3-phase)	20						560	450	280	45
Y30 (3-phase)	30						560	450	280	45
Y50 (3-phase)	50						640	800	1270	250
Y100 (3-phase)	100						640	800	1270	250
Y200 (3-phase)	200						640	800	1270	360