



Модул 4

Монтаж и поддръжка на термопомпи

Разработен от UMA (Университет на Малага)



Co-funded by
the European Union



Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



Модул 4 Общ преглед

Този модул служи като изчерпателно техническо ръководство, обхващащо целия жизнен цикъл на монтажа и поддръжката на термопомпи. Съдържанието започва с класификацията на различните системи и детайлизира необходимостта от оглед на обекта преди монтажа, оценявайки критични фактори като съответствие с акустичните норми, отвеждане на конденза и достъп за сервизно обслужване. Модулът предлага задълбочени инструкции за изпълнение на хладилните, хидравличните и електрическите връзки, като постоянно подчертава значението на енергийната ефективност и регулаторните стандарти. Освен това ръководството описва прилагането на специализирани измервателни инструменти – като дигитални манометрични блокове и вакуумметри (микрометри) – и строги протоколи за въвеждане в експлоатация, предназначени да потвърдят, че оборудването функционира в съответствие с проектните си параметри. Накрая, текстът поставя силен акцент върху безопасността при работа чрез прилагане на превантивни мерки като процедурата за блокиране и обозначаване (Lockout/Tagout - LOTO), използването на лични предпазни средства (ЛПС) и установените процедури за реагиране при аварийни ситуации, като токови удари или течове на хладилен агент.



Co-funded by
the European Union



Модул 4 Съдържание

Урок 22	Видове термопомпи според начина на монтаж	Урок 27	Електрически връзки и управление
Урок 23	Предварителен преглед и планиране на монтажа	Урок 28	Инструменти и измервателно
Урок 24	Монтаж на вътрешни и външни тела	Урок 29	Ввеждане в експлоатация на
Урок 25	Свързване на тръбопроводите за хладилен агент	Урок 30	термопомпи и превантивна и корективна поддръжка на
Урок 26	Хидравлични връзки	Урок 31	термопомпи при монтаж и поддръжка



Co-funded by
the European Union



УРОК 22

Типове термopомпи според начина на монтаж



Co-funded by
the European Union



22.1 Основи и номенклатура (Източник-към-Потребител / Source-to-Sink)

- Дефиниция за термопомпа: Реверсивна хладилна машина, свързваща два топлинни резервоара; ефективността се определя от температурната разлика (градиент) между тях.
- Класификация (EN 14511): Номенклатурата следва формата „Източник-към-Потребител“ (Source-to-Sink) (напр. A2W, B2W), където първият член е източникът на топлина, а вторият е разпределителната среда.
- Често срещани обозначения:
 - Въздух-въздух (A2A): 1 kW - 250 kW; включва стенни сплит системи и VRF системи.
 - Въздух-вода (A2W): 4 kW - 1 MW; често наричани „аеротермални“ моноблокове или чилъри.
 - Воден разтвор на гликол-вода (B2W): 4 kW - 2 MW; извлича топлина от затворени контури с воден разтвор на гликол(сондажи/траншеи)

SOURCE-TO-SINK MATRIX			
	Air-to-Air (A2A)	-20°C to +40°C range	Quick install Defrost required < 7°C
	Air-to-Water (A2W)	Standard for hydronic	Monobloc vs. Split
	Water-to-Water (W2W)	5-25°C source	High COP Permits required
	Brine-to-Water (B2W)	0-15°C (Stable)	Lifespan >50 years High CAPEX



Co-funded by
the European Union



22.2 Характеристики на околната среда като източник на топлина

- Външен въздух: Наличен навсякъде и бърз за монтаж, но е обект на цикли на заскрежаване/размразяване при температури под $\sim 7^{\circ}\text{C}$ и подлежи на акустични регулации.
- Подземни/Повърхностни води: Осигуряват стабилни входни температури ($+5^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$) и висок COP, но изискват разрешителни за водовземане и конструкции, защитени от биологично замърсяване (биофаулинг).
- Земен контур (Воден разтвор на гликол): Тесни годишни температурни амплитуди и потенциал за пасивно охлаждане ; изисква високи първоначални разходи (CAPEX) за сондажи, но предлага експлоатационен живот над 50 години.
- Отработен въздух: Утилизира „безплатна“ нископотенциална топлина от вентилацията; ограничен капацитет ($\approx 330\text{ W}$ на всеки $100\text{ m}^3/\text{h}$).

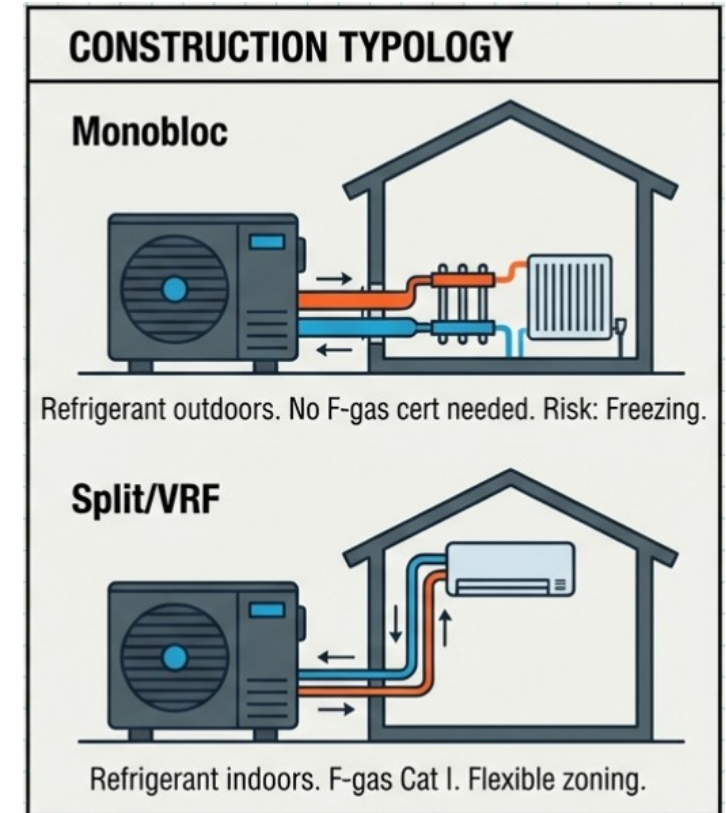
22.3 Конструктивни типологии: Моноблок срещу Сплит

Компактни / Моноблочни системи:

- Хладилният кръг е изцяло фабрично херметизиран; обикновено съдържа между 1 и 5 kg хладилен агент.
- На обекта се изпълняват само хидравлични връзки (вода / воден разтвор на гликол), което изисква стандартни разрешителни за водопроводни дейности.

Сплит / VRF системи:

- Компресорът е разположен на открито, а изпарителят – на закрито; изисква сглобяване на място (монтаж на тръбни трасета) и F-gas сертификат за правоспособност.
- Позволява дълги тръбни трасета (до 50 m денивелация / вертикален участък) и гъвкаво зонироване, но налага вакуумиране и зареждане с хладилен агент на самия обект.



Co-funded by
the European Union



22.4 Мащаби на приложение и диапазони на натоварване

- Еднофамилни къщи (3–15 kW): Приоритетите са минимална поддръжка и компактни размери (заета площ); предпочитат се сплит системи въздух-въздух (A2A) или моноблокове въздух-вода (A2W).
- Многофамилни / Малки търговски сгради (15–100 kW): Използват се каскади въздух-вода (A2W) за осигуряване на резервираност или системи земя-вода (E2W) за индивидуална утилизация на топлина за БГВ.
- Обществени / Индустриални обекти (100 kW – 10 MW): Акцентът е върху високотемпературна утилизация на топлина вода-вода (W2W) и осигуряване на резервираност по схема N+1 за болници и центрове за данни (data centers).
- Районни топлинни мрежи (2–30 MW): Мащабни агрегати вода-вода (W2W), използващи речни или морски води като топлинен източник, предназначени за декарбонизация на градски среди.

УРОК 23

Предварителен оглед и планиране на монтажа



Co-funded by
the European Union



23.1 Стратегически цели на предварителния оглед преди монтажа

- Минимизиране на риска: Идентифициране на специфичните условия на обекта и логистичните предизвикателства преди започване на работа, за да се избегнат забавяния и допълнителни разходи.
- Съвместимост на системата: При подмяна на съществуващи отоплителни уреди (retrofit), техниците трябва да проверят дали наличните радиатори могат да осигурят комфорт при по-ниските температури на топлоносителя от термопомпата (45–55 °C).
- Определяне на обхвата: Изясняване на ролите и отговорностите между отделните специалисти на обекта (монтажници на хладилна техника, електротехници, водопроводчици) и клиентите.



Co-funded by
the European Union



23.2 Оглед на обекта и оценка на околната среда

- Проверка на размерите: Проверка на разполагаемото пространство за позициониране на тялото и изискваните от производителя отстояния за сервизно обслужване.
- Маршрути за достъп: Оценка на ширината на вратите, капацитета на асансьорите и потенциалния достъп на кран за тела, разположени на покрива.
- Акустичен профил: Оценка на разстоянията до зони, чувствителни към шум (спални, офиси), за да се гарантира съответствие с местните наредби за шума.
- Картографиране на инсталациите: Документиране на местоположенията на електрическите разпределителни табла и съществуващите дренажни системи.

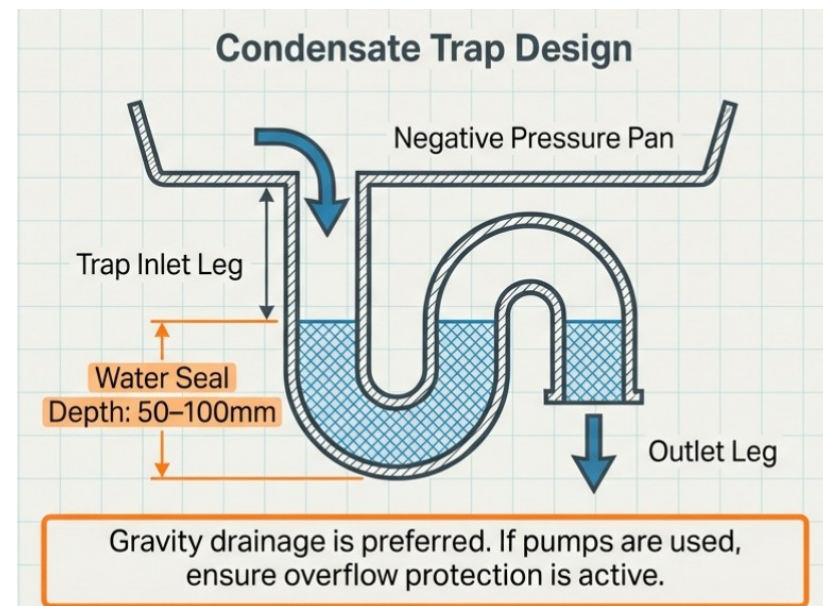


Co-funded by
the European Union



23.3 Проектиране на отвеждането на конденза и управлението на водите

- Цели на дренажа: Осигуряване на непрекъснато, безпрепятствено отвеждане на водата от циклите на размразяване (при външното тяло) или от изсушаването на въздуха (при вътрешното тяло).
- Външни тела: При студен климат дренажните линии изискват защита срещу замръзване (изолация, нагревателен кабел или дренажни ями/попивни кладенци).
- Кондензни сифони: Наложителни за вътрешните тела с цел предотвратяване на проникването на въздух и миризми от канализацията.
- Конструкция на сифона: Препоръчителната минимална дълбочина на водния затвор е от 50 mm до 100 mm, в зависимост от статичното налягане на тялото.



23.4 Планиране на ресурсите и инструментите

- Последователност на задачите: Обезпечаване на конструктивните и електрическите подготовки преди физическото позициониране на оборудването.
- Общи ръчни инструменти: Тръборези, отвертки и гаечни ключове за механичния монтаж.
- Специализирани ОВК инструменти: Вакуумпомпи, манометрични блокове, електронни детектори за течове (фреонотърсачи) и везни за зареждане с хладилен агент.
- Подемно оборудване: Кран или мотокар може да бъдат необходими за тела, чието тегло често надвишава 100 kg.



Co-funded by
the European Union



УРОК 24

Монтаж на вътрешни и външни тела

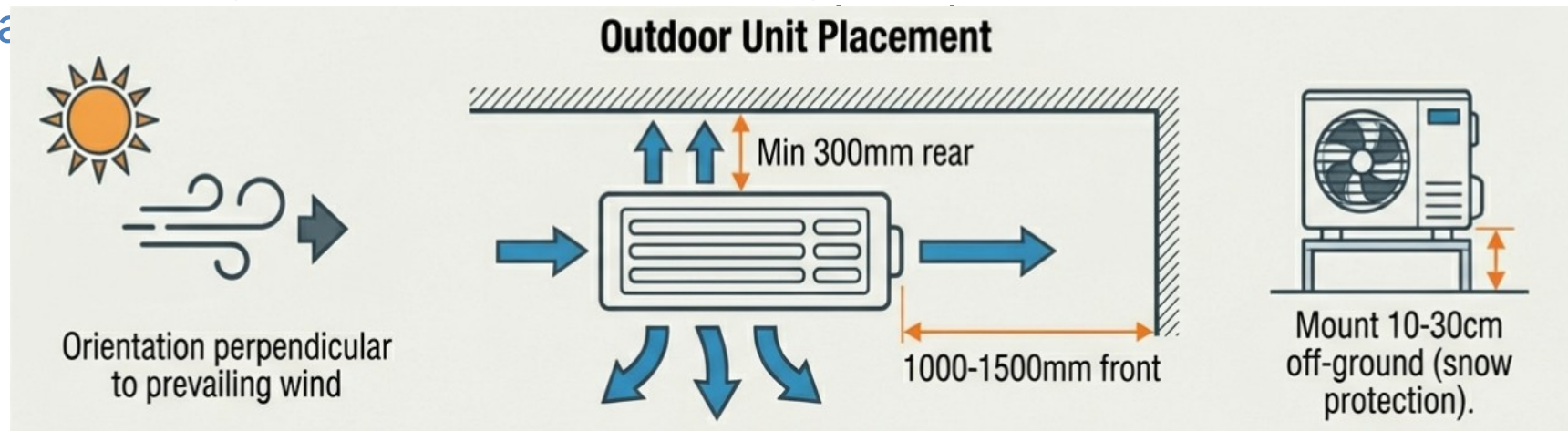


Co-funded by
the European Union



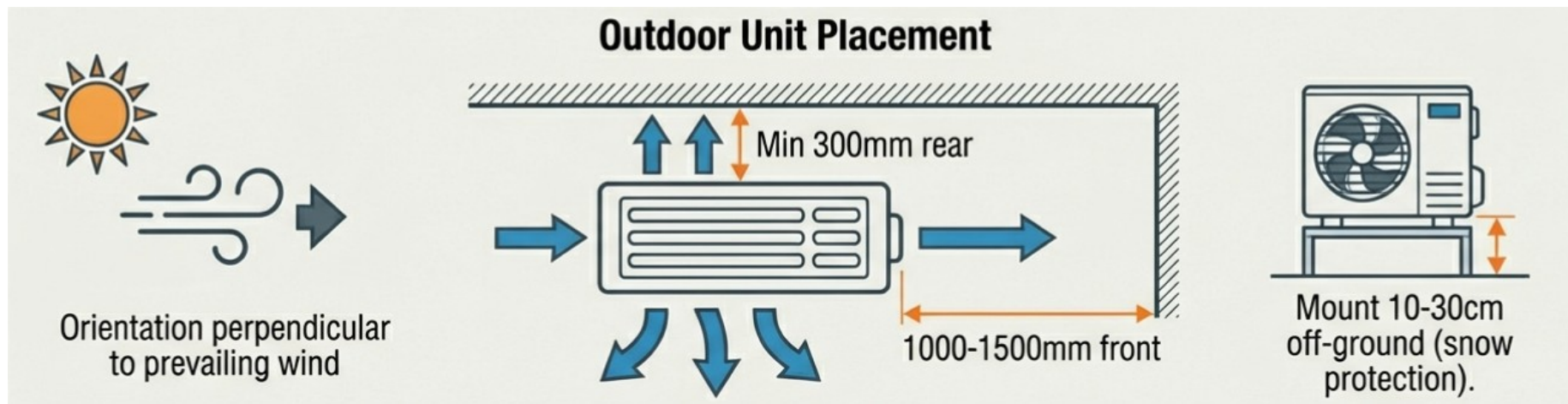
24.1 Изисквания за разполагане и въздушен поток

- Оперативен приоритет: Вътрешните тела трябва да осигуряват равномерно разпределение на въздуха без директни течения към обитателите.
- Риск от рециркулация на въздуха: Недостатъчните отстояния (напр. <1000mm пред вентилаторите на външното тяло) могат да накарат изхвърления въздух да влезе отново в смукателния отвор, което намалява



24.1 Изисквания за разполагане и въздушен поток

- Засенчване / Екраниране (Shielding): Избягвайте затворени пространства, където се получава задържане на въздуха; предпазвайте телата от директна слънчева радиация или преобладаващи ветрове.



24.2 Конструктивно укрепване и нивелиране

- Наземен монтаж: Телата трябва да се разполагат върху виброизолирани бетонни постаменти (цокли) или стоманени фундаменти, анкерирани срещу вятърни и сеизмични натоварвания.
- Стенен / Покривен монтаж: Стойките трябва да бъдат анкерирани към носещи конструктивни елементи; при покривен монтаж се изискват антивибрационни устройства и системи срещу преобръщане.
- Прецизно нивелиране: Използвайте калибрирани нивелири и регулируеми крачета; дори минимални наклони могат да доведат до шум, механично напрежение или дефекти в дренаж

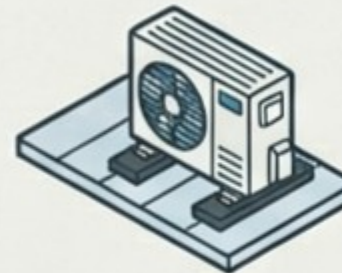
Vibration Control



Ground: Concrete plinth + Neoprene



Wall: Vibration-resistant brackets



Roof: Inertia pads

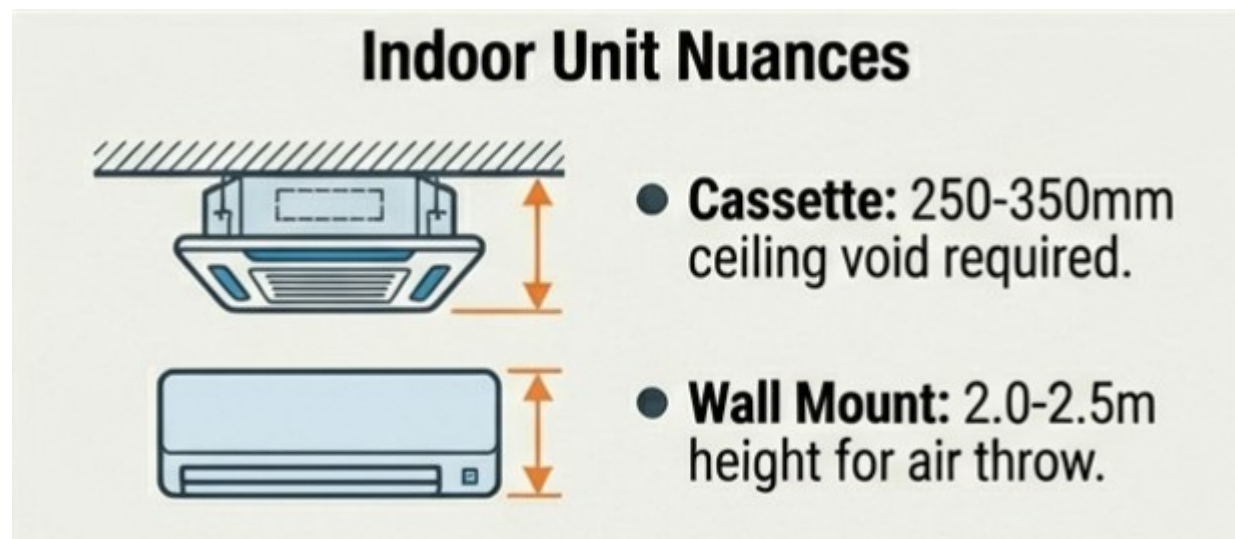


Co-funded by
the European Union



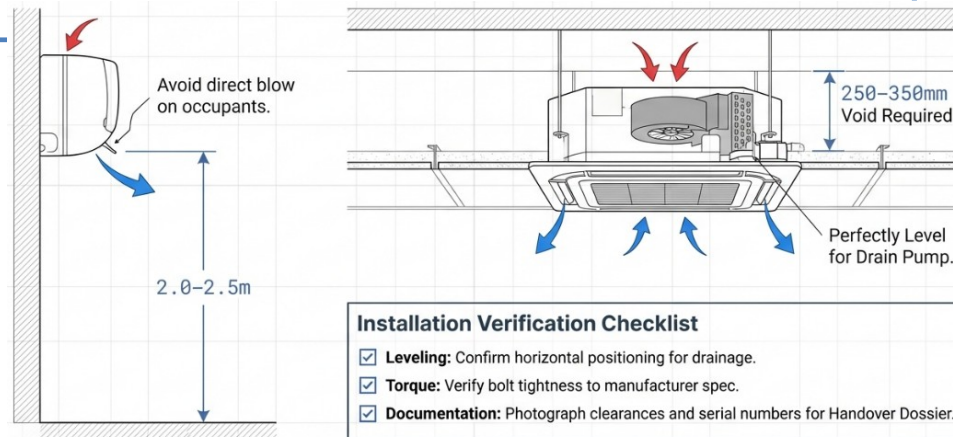
24.3 Изолация на вибрации и шум

- Методи за механично разделяне: Използвайте антивибрационни подложки, пружинни тампони или неопренови изолатори за предотвратяване на предаването на структурен шум.
- Специфики при вътрешните тела: Омекотени конзоли/стойки или шумозаглушаващи вложки са задължителни за тела, разположени в близост до тихи помещения като спални.
- Касетъчни тела: Използвайте пружинни или гумено-изолирани окачвачи, за да намалите предаването на вибрации към таванните конструкции.



24.4 Достъпност за поддръжка и верификация

- Достъп до филтрите: Осигурете поне 100–150 mm отстояние за лесно изваждане на филтъра без демонтиране на конструкции.
- Достъп до компонентите: Вентилаторите, електрическите клемни блокове и връзките за хладилен агент трябва да бъдат лесно достъпни за инспекция.
- Верификация: Потвърждаване на конструктивната стабилност (проверка на момента на затягане на болтовете) и визуално документиране на крепване).



УРОК 25

Свързване на тръбопроводите за хладилен агент



Co-funded by
the European Union



25.1 Стандарти за избор и подготовка на тръбите

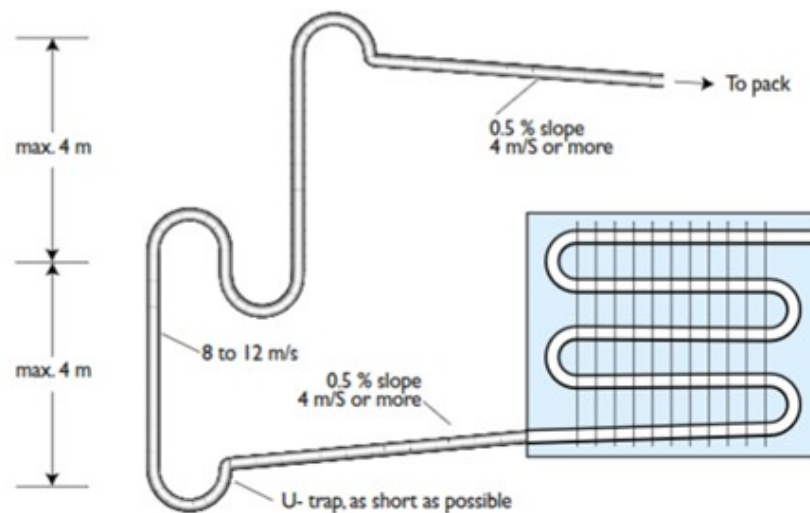
- Материал: Специална медна тръба за хладилна техника (EN 12735-1) за осигуряване на чистота, здравина и устойчивост на корозия.
- Подготовка: Тръбите трябва да се режат със специализиран тръборез (никога с ножовка) и старателно да се почистват от мустаци (да се шабероват), за да се предотврати турбулентност на потока.
- Чистота: Съхранявайте тръбите със затворени крайни капачки; вътрешното замърсяване с влага или твърди частици води до преждевременна повреда на системата.

25.2 Изолация и изчисления на размерите

- Определяне на размерите (EN 378): Минималната дебелина на стената на тръбата трябва да издържа на максимално допустимото работно налягане (изчислено по формула).
- Тип изолация: Еластомерна пяна (нитрилен каучук) с дебелина от 13 mm до 32 mm в зависимост от диаметъра.
- Фактори на околната среда: Изолацията предотвратява загубата на енергия и появата на конденз; дебелината трябва да поддържа повърхностната температура над точката на оросяване..

25.3 Монтаж и управление на маслото

- Трасиране / Разположение: Смукателните линии изискват наклон от 1–2% към компресора, за да се улесни връщането на маслото.
- Маслени трапове (маслоуловители): Задължителни в смукателните линии на всеки 4–6 метра вертикално изкачване.
- Термично разширение: Опорите (държачите) трябва да включват гумени вложки, за да позволят топлинно разширение/свиване при дълги трасета.



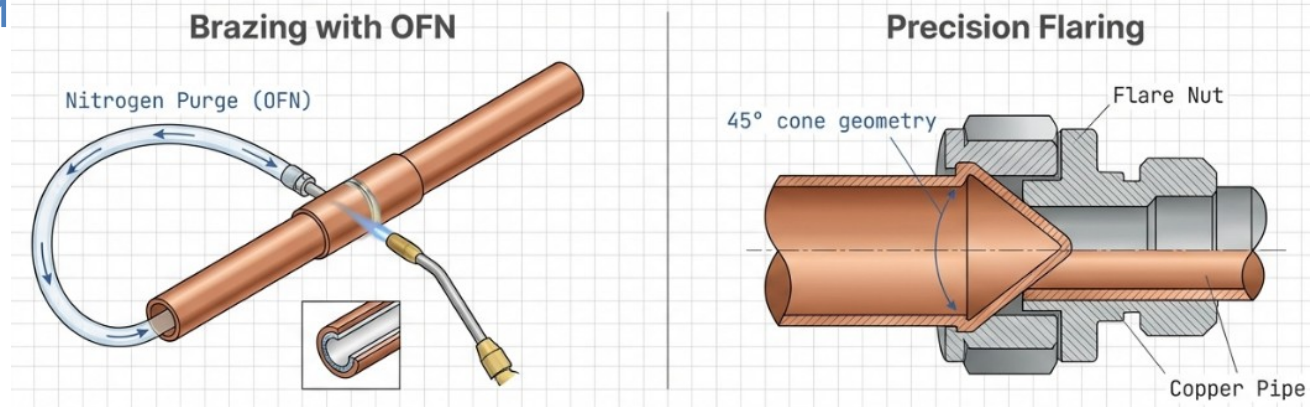
Co-funded by
the European Union



25.4 Спояване(Brazing), валцоване(Flaring) и тестване за

течове

- Спояване (Твърдо запояване): Нагриване над 450°C със сребърни припои; продухването със сух азот е задължително, за да се предотврати вътрешна оксидация.
- Конусни връзки (Валцоване): Използвайте висококачествени ексцентрични инструменти (валцовки) за оформяне на конус под 45° за постигане на механично уплътнение.
- Тест под налягане с азот: Надуване на системата до 1.1–1.3 пъти максималното работно налягане (напр. 46–55 bar за R410A) в продължени



УРОК 26

Хидравлични връзки



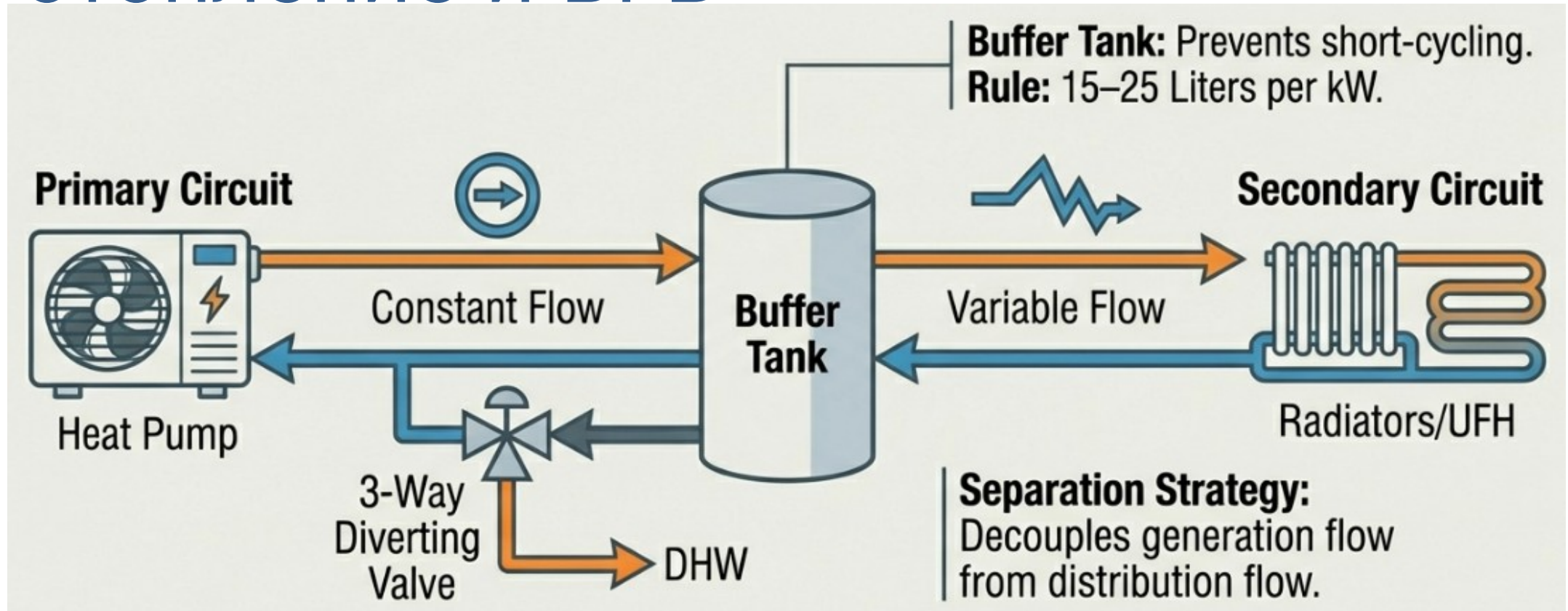
Co-funded by
the European Union



26.1 Интегриране на кръговете за отопление и БГВ (битова гореща вода)

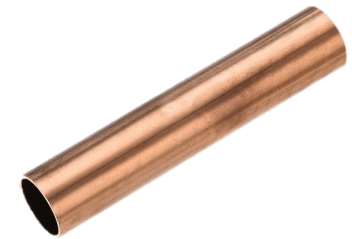
- Типове отоплителни тела: Радиаторите (обикновено 45–55°C) се нуждаят от внимателно балансиране; подовото отопление е силно съвместимо поради ниските си работни температури (30–45°C).
- Хидравлично разделяне: Използвайте буферен съд или хидравличен разпределител (хидравлична стрела) за развързване на първичния (източник) и вторичния (разпределителен) кръг.
- Оразмеряване на буферния съд: Препоръчват се 15–25 литра на kW, за да се предотврати тактуване (често включване и изключване) на компресора.

26.1 Интегриране на кръговете за отопление и БГВ



26.2 Материали и методи за свързване

- Мед: Най-добра за висока топлинна проводимост и механична здравина в участъците с висока температура.
- Многослойни тръби (PEX-AL-PEX): Гъвкави и устойчиви на корозия; идеални за вътрешно разпределение и подово отопление.
- PPR (Полипропилен): Лек, хигиеничен и се свързва чрез дифузионно заваряване (без риск от течове), но има голямо топлинно разширение.



Co-funded by
the European Union



26.3 Помпи, вентили и разширителни съдове

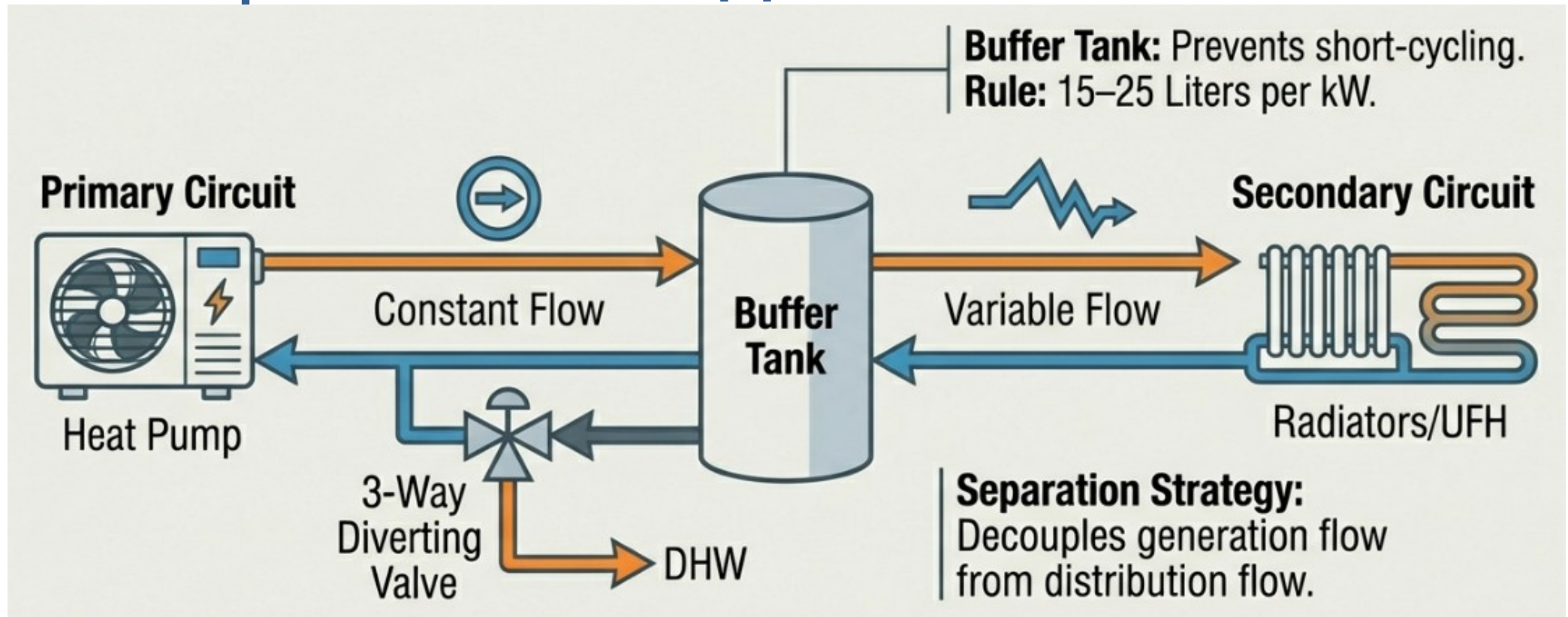
- Помпи с променлива скорост (с електронно комутируеми двигатели - ECM): Предпочитани за адаптиране към промените в зонирането и за намаляване на консумацията на електроенергия.
- Основни спирателно-регулиращи вентили:
 - Пренасочващи вентили: 3-пътни задвижвани (моторизирани) вентили за превключване между отопление на помещенията и приоритет за БГВ.
 - Възвратни клапани: Предотвратяват обратната циркулация и термосифонните ефекти (самоволна гравитационна циркулация).
- Разширителни съдове: Оразмеряват се въз основа на общия обем на системата и коефициента на топлинно разширение на водата (напр. 1.8% при изменение от 10 до 60°C).



Cofunded by
the European Union



26.3 Помпи, вентили и разширителни съдове

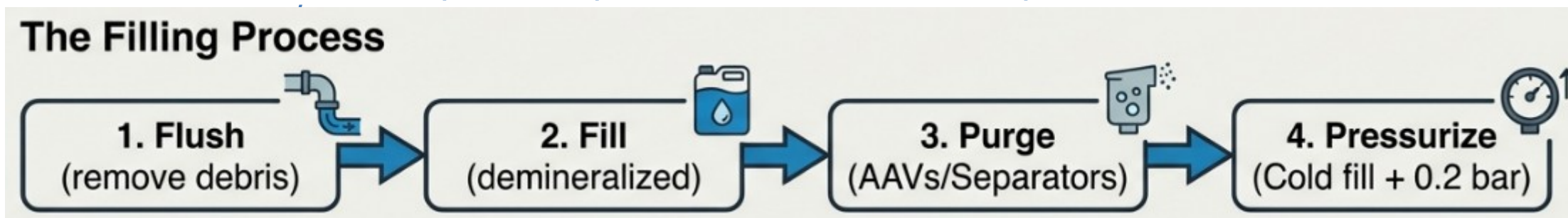


Co-funded by
the European Union



26.4 Пълнене, обезвъздушаване и проверка

- Последователност: Напълнете бавно от най-ниската точка; отваряйте вентилите на отделните клонове/зони един по един.
- Обезвъздушаване: Използвайте автоматични обезвъздушители в най-високите точки и сепаратори за микромехурчета въздух в най-горещата част на потока.
- Проверка на дебита: Измерете температурната разлика ΔT (целева стойност 5–8°C за радиатори) или използвайте вградени



УРОК 27

Електрически връзки и управление

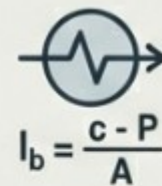


Co-funded by
the European Union



27.1 Захранване и оразмеряване на проводниците

- Разчетен ток (I_b): Базиран на максималния работен ток; трябва да се приложат корекционни коефициенти за температурата на околната среда (C_a) и за групиране на кабелите (C_g).
- Пад на напрежението: Не трябва да надвишава 5% между източника и клемите на уреда, за да се защити чувствителната електроника.
- Стандарти: Съответствието с местните електротехнически наредби и правила е задължително.



Design Current (I_b):
Based on input power
& COP.



Cable Sizing:
Ambient Temp (C_a) &
Grouping (C_g) factors.



Verify Voltage Drop < 5%.

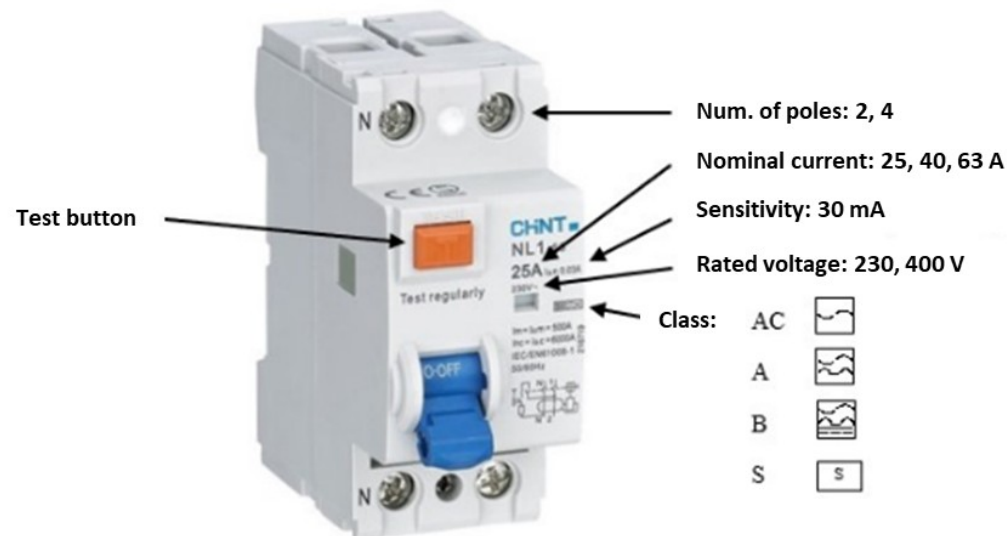


Co-funded by
the European Union



27.2 Защитни устройства и изолация

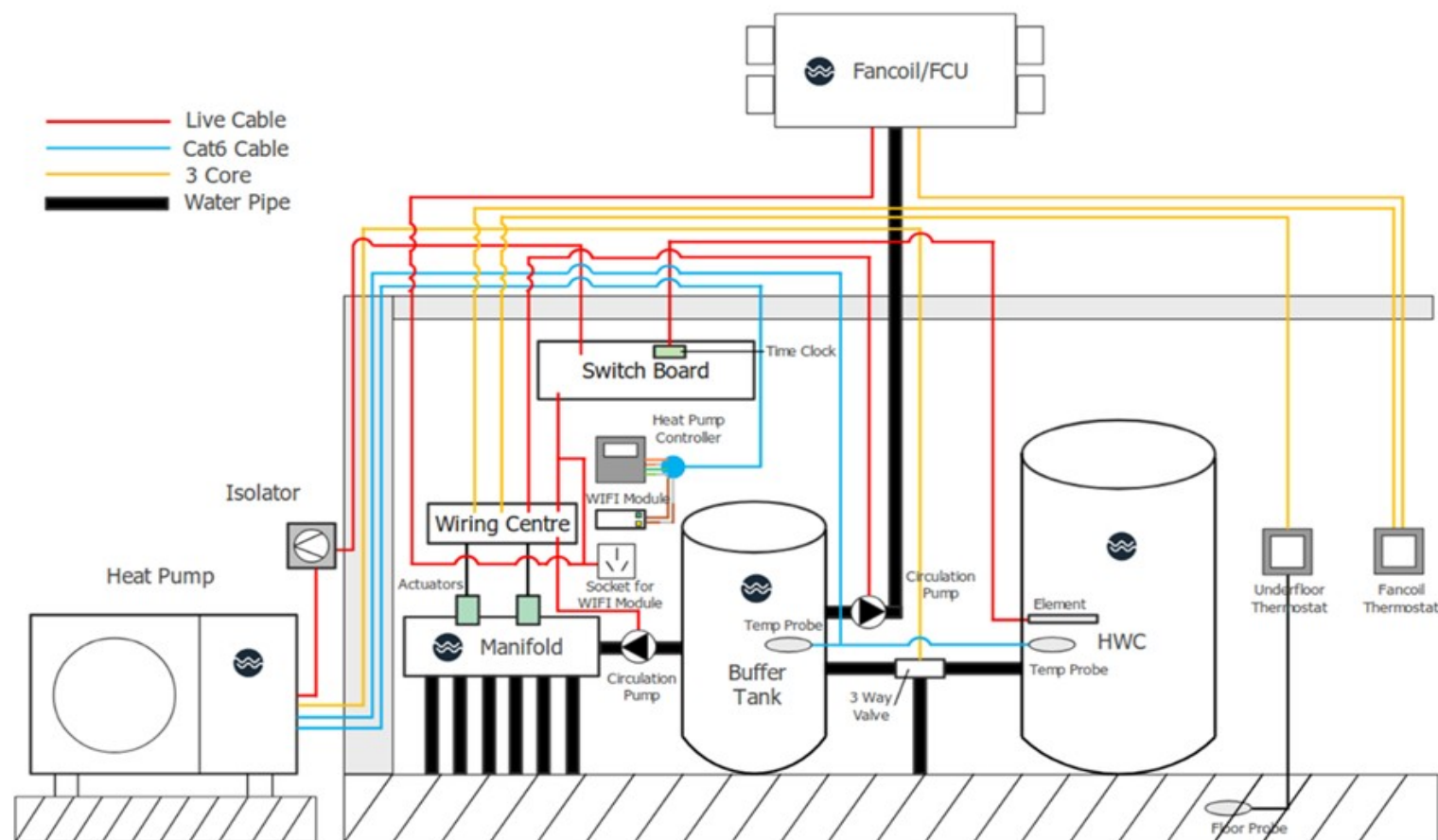
- Защита от свръхток (автоматични прекъсвачи): Тип С е стандартен за двигателни товари за справяне с пусковите токове.
- Типове дефектнотокови защиты (ДТЗ): Инверторните агрегати изискват ДТЗ от тип F или тип B за откриване на сложни постояннотокови течове или течове с висока честота.
- Изолация: Изисква се устойчив на атмосферни влияния, локален и заключващ се сервизен прекъсвач (за осигуряване на безопасност при поддръжка), разположен в неп



27.3 Окабеляване за управление и сигнали

- Типове сигнали: 230V превключване за обикновени термостати; 0–10V или PWM (ШИМ – широчинно-импулсна модулация) за модулиращи помпи; Modbus/BACnet за цифрови комуникационни шини.
- Инфраструктура: За чувствителните сигнали трябва да се използват екранирани кабели с усукана двойка (FTP/STP), за да се предотвратят електромагнитни смущения.
- Разделяне (Сегрегация): Силовите кабели (230/400V) трябва да се положат отделно от кабелите за безопасно свръхниско напрежение (SELV), за да се избегнат индуцирани смущения (шумове).

27.3 Окабеляване за управление и сигнали



Co-funded by
the European Union



27.4 Тестване преди подаване на напрежение и тестове под напрежение

- Тестове без напрежение: Непрекъснатост на защитното заземяване (PE) ($< 0.05 \Omega$) и съпротивление на изолацията при 500V DC.
 - Критична безопасност: Изключете всички електронни платки преди тестване на съпротивлението на изолацията, за да избегнете необратими повреди.
- Тестове под напрежение: Измерете напрежението под товар; проверете коректността на отчитанията на сензорите и задействането на 3-пътния вентил.

УРОК 28

Инструменти и измервателно оборудване



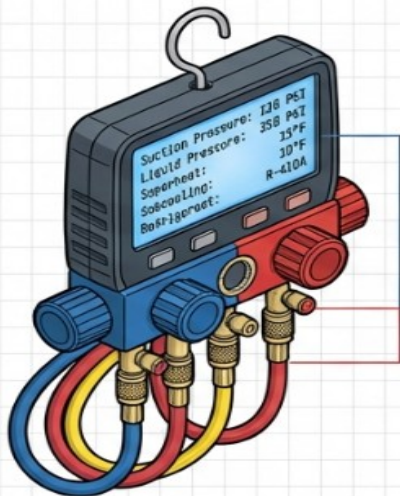
Co-funded by
the European Union



28.1 Инструменти за обслужване на хладилни системи

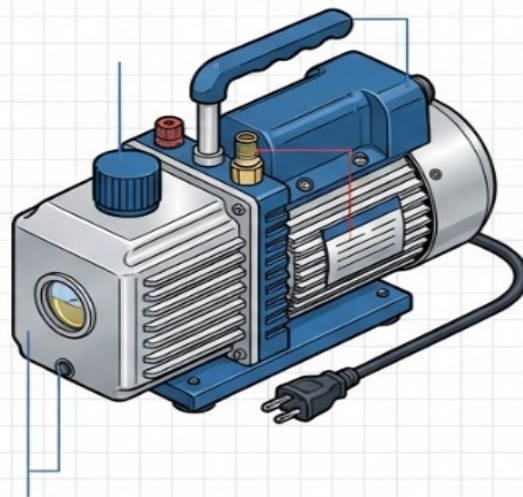
- Дигитални манометрични блокове (манифолди): Осигуряват моментално съпоставяне на температура и налягане за R410A / R32 / R290.
- Маркучи: Използвайте маркучи с ниска пропускливост (проницаемост) и спирателни сферични вентили за предотвратяване на проникването на влага.
- Инструмент за демонтаж на иглени вентили: Изключително важен за увеличаване на проводимостта (пропускателната способност) по време на вакуумиране и зареждане.

28.1 Инструменти за обслужване на хладилни системи



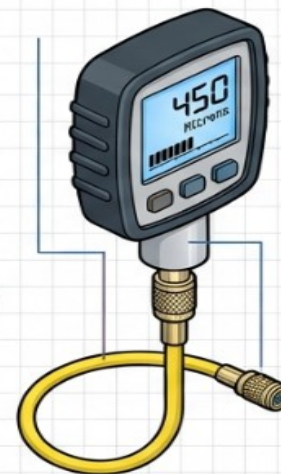
Digital Manifold: Instant Superheat/Subcooling calculation.

Дигитален манометричен блок: Моментално изчисляване на прегряването и преохладането.



2-Stage Vacuum Pump.

Двустъпална вакуумна помпа.



Micron Gauge: Verify deep vacuum (<500 microns) for moisture removal.

Вакуумметър: Проверка за дълбок вакуум (< 500 микрона) за отстраняване на влагата.



Charging Scale: Mandatory for F-Gas compliance (Weigh-in Charge).

Везни за зареждане: Задължителни за съответствие с регламентите за флуорирани парникови газове (зареждане чрез претегляне).



Co-funded by
the European Union

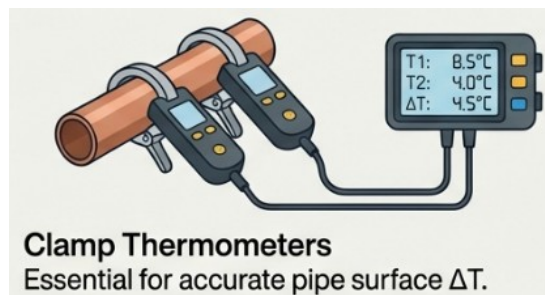
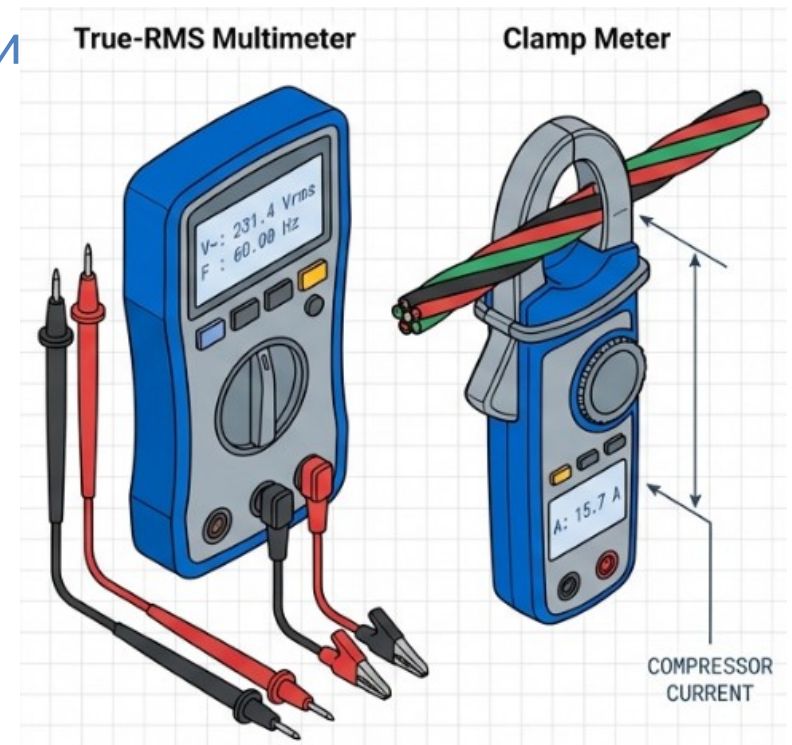


28.2 Вакуумна помпа и изсушаване

- Двустъпална помпа: Необходима за изпаряване на уловената влага под въздействието на дълбок вакуум.
- Електронен вакуумметър: Единственият инструмент, способен да потвърди достигането на целевата стойност от ≤ 500 микрона.
- Тест за задържане на вакуума (вакуумна проба): Изолирайте помпата, за да направите разлика между отделяне на газове (влага) и атмосферни течове.

28.3 Електрически и термични измервания

- Измервателни уреди с истинско ефективно значени (True-RMS): Необходими за точни отчитания при деформирани форми на сигнала от инверторите.
- Амперклещи: Използват се за безконтактна проверка на тока при компресори и вентилатори.
- Контактни термометри: Тръбните скоби са най-добри за измерване на ΔT , прегряване и преохлаждане (използвайте термопаста и термоизолация).



28.4 Калибриране и грижа за оборудването

- Официално калибриране: Ежегодно проследимо калибриране на манометричните блокове, везните и детекторите за течове (фреонотърсачите).
- Проверки на терен: Извършвайте проверка в точката на замръзване на водата (0°C) за термометрите и използвайте референтни тежести (еталонни теглилки) за везните.
- Поддръжка на оборудването: Сменяйте маслото на вакуумната помпа след всяко дълбоко вакуумиране (изсушаване), за да запазите нейната производителност.

УРОК 29

Въвеждане в експлоатация на термопомпи



Co-funded by
the European Union

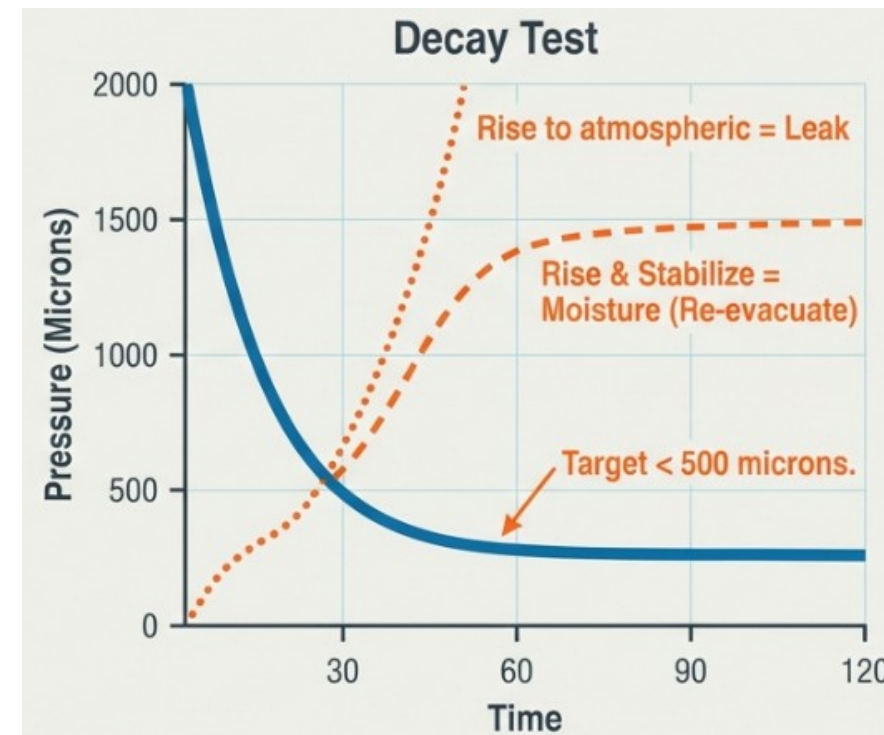


29.1 Окончателен зрителен контрол преди подаване на напрежение

- Интегритет на системата: Обход на обекта за потвърждаване, че крепежните елементи и опорите са стабилно фиксирани и че топлинната изолация е непрекъсната навсякъде.
- Хидравлична готовност: Потвърждаване на налягането при пълнене (обикновено 1.5 bar) и проверка дали системата е напълно обезвъздушена.
- Електрическа безопасност: Проверка дали всички електрически връзки са затегнати здраво и дали всички капази на таблата и клемните кутии са сигурно затворени и завинтени

29.2 Зареждане на хладилния агент

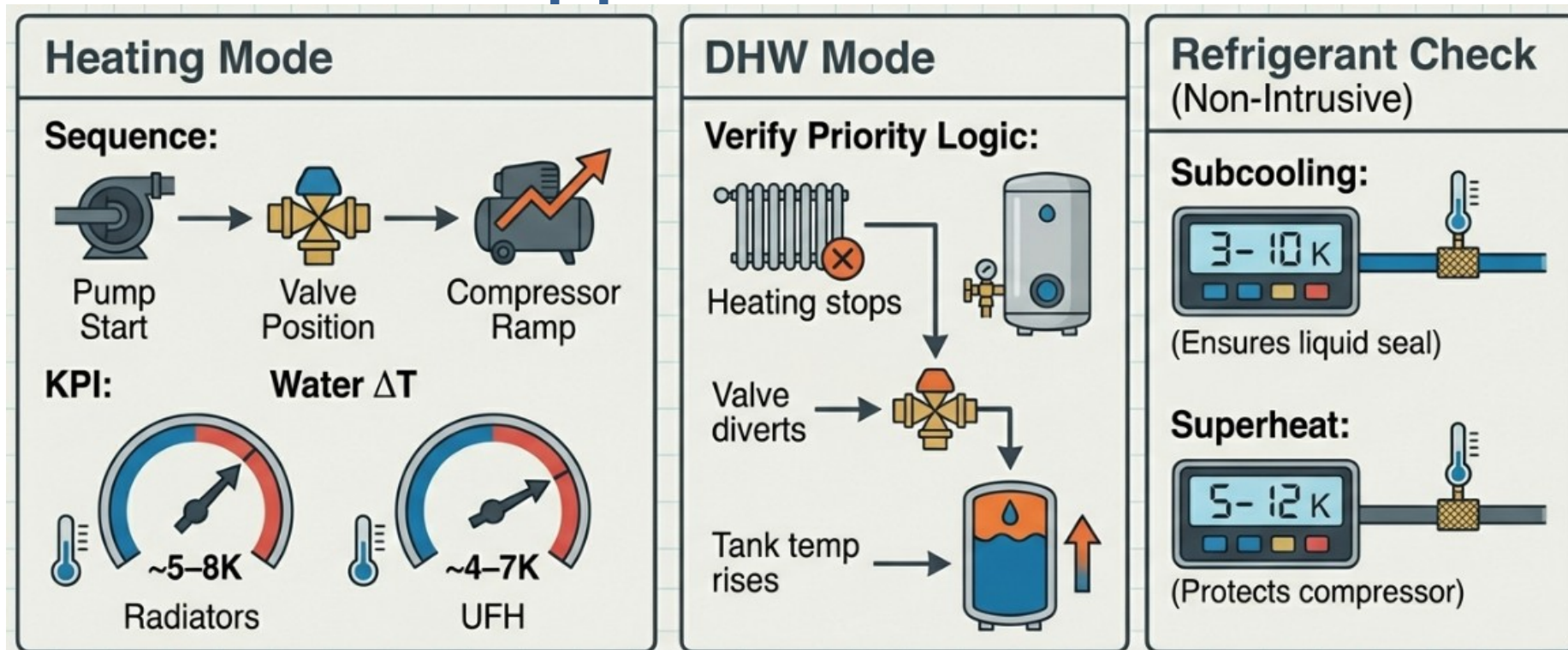
- Цел при вакуумиране: Стабилизиран вакуум ≤ 500 микрона с тест за задържане на вакуума (вакуумна проба), стабилизиращ се под 1000 микрона.
- Зареждане по тегло: Използвайте калибрирана везна за добавяне на основния заряд фреон плюс корекциите за дължината на тръбния път.
- Ключови показатели за приемане на обекта: Следете преохлаждането ($\sim 3-10$ K) и ($\sim 5-12$ K) при стабилно поточаване на системата.



Co-funded by
the European Union



29.2 Проверка на режимите на работа и хладилния агент



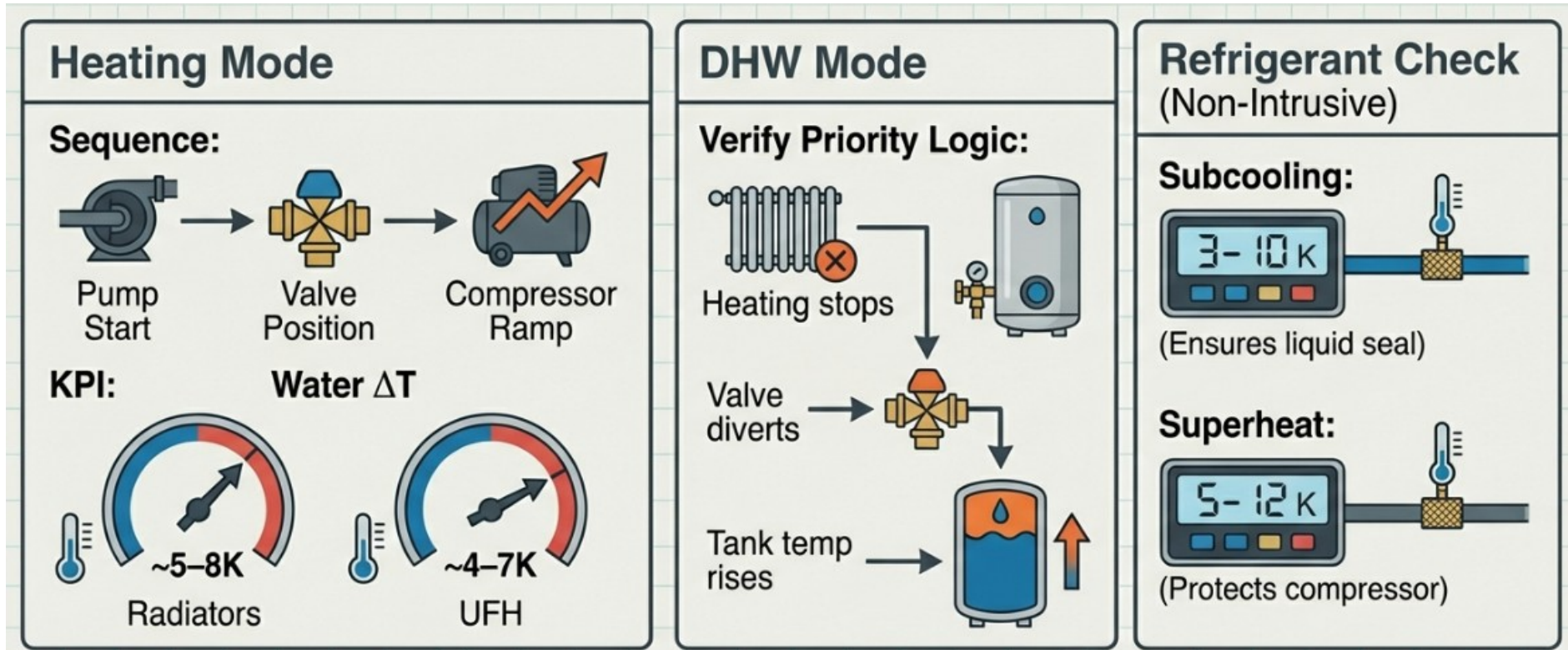
29.3 Конфигуриране на контролера

- Основна настройка: Правилен език, дата, час и хидравлична схема (само отопление спрямо отопление и битова гореща вода).
- Работна крива: Адаптиране на кривата на климатично компенсираното управление спрямо отоплителните тела и топлинната изолация на сградата.
- Настройки за битова гореща вода: Конфигуриране на зададените стойности (50–55°C) и на периодичния цикъл за защита от легионела.

29.4 Функционални изпитания в реален режим на работа

- Режими: Тестване на отоплението (проверка на ΔT 5–8°C), приоритет за битова гореща вода (потвърждаване хода на вентила) и размразяване (проверка за пълно почистване на ламелния топлообменник).
- Проверка на защитите: Симулирайте аварии за нисък дебит, за да потвърдите, че контролерът спира работата на системата и вписва алармата в дневника за грешки.
- Предаване на клиента: Проведете практическо въвеждащо обучение относно настройките за комфорт и отговорностите на потребителя по поддръжката.

29.4 Функционални изпитания в реален режим на работа



УРОК 30

Планово-превантивна и коригираща поддръжка на термопомпи



Co-funded by
the European Union



30.1 Проследяване на ключовите показатели и сравнение с базовите стойности

- Стратегия на режима: Сравнявайте текущата производителност с първоначалните базови стойности от въвеждането в експлоатация, за да идентифицирате отклонения в работата.
- Проследяване на показателите: Следете температурната разлика (ΔT) при отоплителните тела, хидравличния пад на налягането (ΔP) и консумирания ток при специфични честоти.
- Интервали: Тримесечни проверки за работното състояние на системата; ежегодни проверки за достоверността на данните от сензорите и настройките на защитите.

30.2 Процедури за почистване

- Външни топлообменници: Използвайте вода с ниско налягане (никога водоструйки) отвътре навън; използвайте химикали с неутрално pH.
- Състояние на хидравличната система: Изолирайте и почистете Y-филтрите (утаителите) и магнитните сепаратори за отстраняване на утайки и магнетит.
- Въздушни филтри: Сменяйте филтрите за еднократна употреба клас G4 или измивайте мрежестите филтри; почиствайте перките на вентилатора, за да предотвратите дисбаланс.

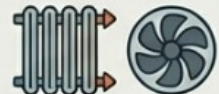
30.3 Механичен и акустичен интегритет

- Оглед на място: Проверете външната топлинна изолация за повреди от ултравиолетови лъчи и антивибрационните тампони за прекомерно слягане (деформация).
- Диагностика на шума: Разграничавайте въздушния шум (вентилатор или дифузор) от шума, пренасян по строителната конструкция (твърдо укрепване на тръбопроводите).
- Мерки за отстраняване: Нивелирайте отново агрегатите, подменете еластомерните подложки или регулирайте пада на налягането (ΔP) на помпата, за да избегнете резонанс.

30.4 Диагностика на неизправности и подмяна

- Работен процес: Проверка на захранването → Проверка на заявката за работа → Проверка на защитите → Справка с дневника за грешки на контролера.
- Чести неизправности: Изключване по високо налягане (нисък хидравличен дебит), изключване по ниско налягане (теч на хладилен агент) и грешки в комуникацията.
- Повторно въвеждане в експлоатация: След подмяна на компонент (например помпа, сензор), извършете целенасочено изпитание на тази специфична функция.

30.4 Диагностика на неизправности и подмяна

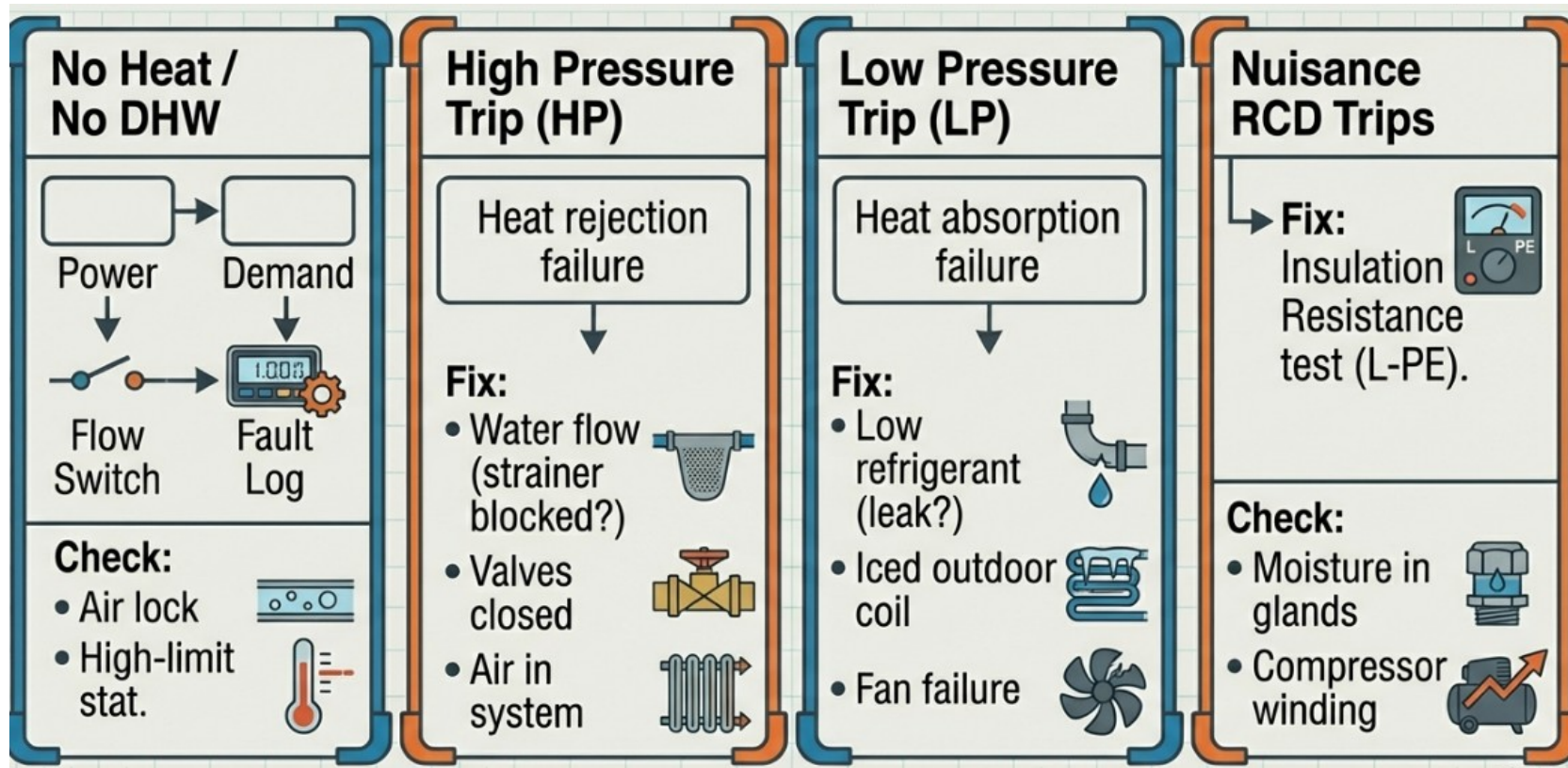
Traffic Light System		
 Pass	 Action	 Critical
ΔT within range. Strainer $\Delta P < 5\text{kPa}$. COP stable. 	ΔT widening (fouling?). Defrosts every < 45 min. Action: Clean coils/filters. 	Compressor current $> 15\%$ baseline. HP/LP trips. Action: Immediate diagnostics. 
Cleaning Regimen		
• Air Side: Chemical clean coils, balance fans.  • Water Side: Flush sludge from Strainers & Magnetic Filters. 		



Co-funded by
the European Union



30.4 Диагностика на неизправности и подмяна



Co-funded by
the European Union



УРОК 31

Безопасност при монтаж и поддръжка



Co-funded by
the European Union

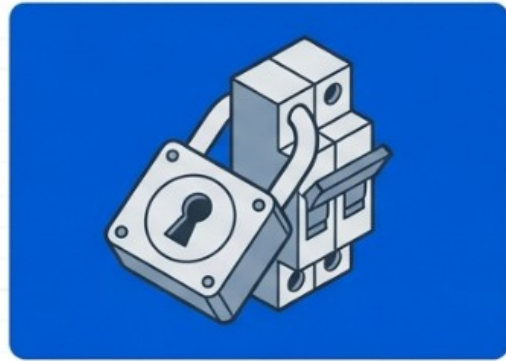


31.1 Опасности от електрически ток и високо налягане

- **Остатъчен заряд:** Кондензаторите на инвертора могат да съхраняват смъртоносен прав ток с напрежение над 600V дори след изключване на захранването.
- **Рискове, свързани с налягането:** Статичното налягане може да надхвърли 15 bar, а работното налягане достига над 40 bar; изтичането на течен хладилен агент причинява измръзване.
- **Токсичност и запалимост на хладилния агент:** Риск от задушаване в затворени пространства; запалимост при хладилни агенти от клас A2L като R32 и клас A3 като R290.

31.2 Безопасно изолиране и ръчна работа с товари

- **Процедура за безопасно изолиране:** Заклучване, маркиране и тестване (проверка за липса на напрежение) чрез използване на двуполюсен измервателен уред (тестер).
- **Ръчна работа с товари:** Външните агрегати често надвишават 100 kg; използвайте ергономични техники за вдигане или механични помощни средства (колички, колани).
- **Безопасност при работа с азот:** Винаги използвайте двустъпален регулатор на налягането.



1. Lockout



2. Tagout



3. Tryout (Proof of Dead)



Co-funded by
the European Union



31.3 Лични предпазни средства и протоколи при извършване на заварки

- **Предпазна екипировка:** Криогенни ръкавици при работа с хладилни агенти; диелектрични ръкавици, разчетени за напрежение до 1000V, за проверки под напрежение; нитрилни ръкавици за полиестерно масло (POE).
- **Заваряване(Спояване):** Отстранете всички източници на запалване; използвайте противопожарни одеяла; задължително наблюдение за възникване на пожар (30–60 минути) след приключване на работата..

31.4 Протоколи за действие при извънредни ситуации

- **Токов удар:** Прекъснете контакта с тоководещите части по безопасен начин (чрез токонепроводим предмет); следвайте алгоритъма за първа помощ; обадете се на спешните служби.
- **Теч на хладилен агент:** Евакуирайте се и незабавно проветрете района; отстранете всички източници на запалване.
- **Пръски от химикали:** Промивайте очите или кожата с чиста вода в продължение на поне 15 минути и направете справка с информационния лист за безопасност.

Emergency Protocol	
	Electric Shock: Break contact (do not touch casualty). CPR.
	Leak: Evacuate and Ventilate.
	Fire: Use CO2/Dry Powder (Class E/C). Never use water.



Co-funded by
the European Union

