# Високонапонски мрежи и системи

## Вовед

М. Тодоровски
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје
Факултет за електротехника и информациски технологии
`mirko@feit.ukim.edu.mk, pees.feit.ukim.edu.mk`

2026

# Структура на ЕЕС

Вообичаена е поделбата на ЕЕС според фазите на технолошкиот процес на производството, распределбата и користењето на електричната енергија:

- извори (електрични централи);
- преносна мрежа;
- дистрибутивна мрежа (извори).

Во предметот главно ќе се разгледуваат **преносни електроенергетски мрежи**, следејќи ги следните принципи:

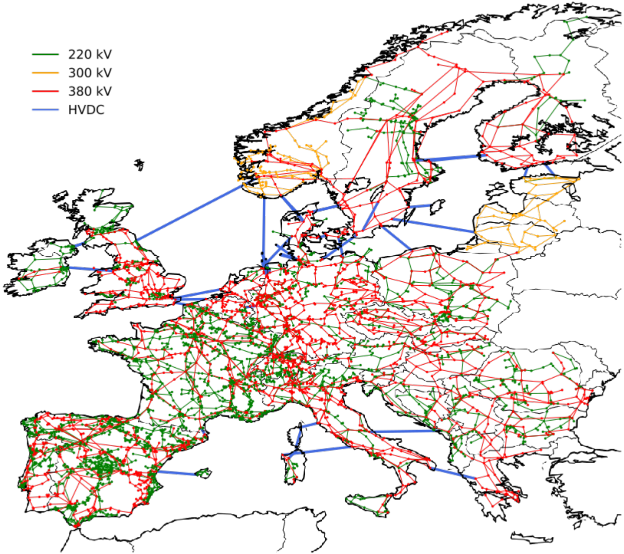
- мрежите се огромни по димензии и содржат илјадници елементи;
- за да се разберат принципите на работа и методите за анализа доволно е да се проучуваат проблеми со разумни димензии;
- мрежите кои ќе се користат во **примерите ќе бидат решливи со пенкало на хартија**.

Прецизно разграничување меѓу преносните и дистрибутивните мрежи е тешко да се направи. Според „техничката“ поделба, **преносната мрежа** ја сочинуваат водовите и постројките со номинален напон **110 kV и повеќе**.

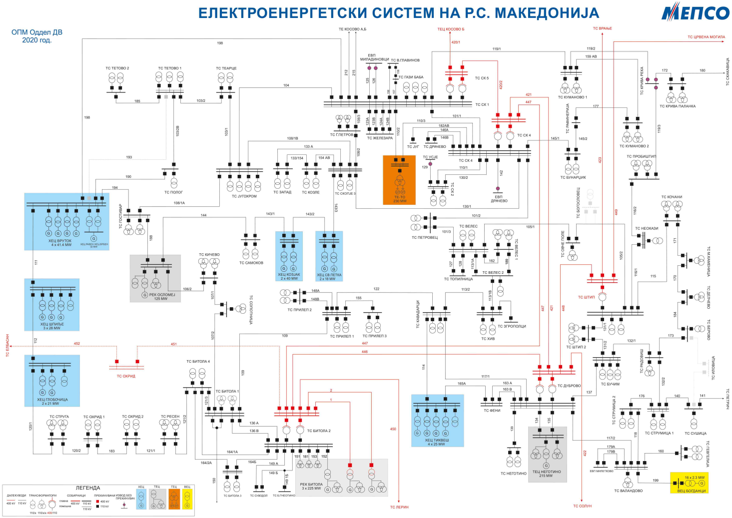
# Структура на ЕЕС

- Производство на електрична енергија
  - Големи генератори: хидро, термо, нуклеарни централи
    - десетици и стотици MW
    - сконцентрирани на мал број локации
    - поврзани на преносна мрежа
  - Мали генератори (обновливи): ветер, сонце, хидро, биомаса
    - неколку MW
    - распределени на многу локации
    - поврзани на дистрибутивна мрежа
- Преносна мрежа – сложена структура
  - Напони: 110, 220, 400, 750 kV
  - Растојанија: десетици и стотици km
  - Интерконекции: илјадници km
  - Моќности: десетици и стотици MW
- Дистрибутивна мрежа – радијална структура
  - Напони: 10, 20, 35 kV
  - Растојанија: единици и десетици km
  - Моќности: единици и десетици MW
- Нисконапонска мрежа – радијална структура
  - Напон: 0,4 kV (230 V фазен напон)
  - Растојанија: помалку од 1 km
  - Моќности: десетици kW

# Поврзаност на ЕЕС во Европа



# Поврзаност на ЕЕС на Македонија



# Функционирање на ЕЕС

Високонапонските преносни мрежи на разни региони се меѓусебно поврзани, со што е овозможено:

- користење на производството на големите, економични извори на електрична енергија кои можат да се наоѓаат и подалеку од главните потрошувачки центри;
- поврзување на централите со различни карактеристики и нивно оптимално прилагодување според потребите на потрошувачите;
- намалување на потребната ладна и топла (вртлива) резерва на моќност во системот;
- намалување на врвното оптоварување на изворите преку поврзување на потрошувачки подрачја со различни карактеристики;
- **преносната мрежа овозможува да се постигне економично работење на ЕЕС**.

# Особеност на електричната енергија

- електричната енергија може да биде „складирана“ ако се конвертира во друг вид енергија (хемиска, потенцијална, механичка, магнетна) или енергент (водород);
- цената за складирањето на енергија ја ограничува пошироката примена на складиштата;
- електричната енергија главно мора да се произведе и потроши во истиот момент;
- електричната енергија не е производ што може да се испрати во „пакети“ директно од местото на производство до местото за потрошувачка;
- патеката за пренос на електричната енергија не може да се избере по желба, туку е определена со законите во електричните кола и зависи од карактеристиките и начинот на поврзување на елементите во мрежата.

# Област на изучување

- Пренос на електрична енергија со долги трифазни водови
    - Водови како елемент на електрично коло
    - Идеални водови, карактеристична импеданција, природна моќност, „прецизна“ $\pi$-шема
- Регулација на напони и реактивни моќности во ЕЕС
    - Регулација на напони со помош на трансформатори
    - Регулација на напони со помош на генератори
        - Матрица на импеданции на електрично коло: сопствени и меѓусебни импеданции на јазлите
- Куси врски во ЕЕС
    - Решавање на несиметрични трифазни кола – симетрични компоненти
    - Субтранзиентни, транзиенти и трајни импеданции на генератори
    - Заменски шеми за нулти систем за трансформатори
    - Матрица на импеданции на електрично коло
- Стабилност на работата на ЕЕС
    - Диференцијална равенка на движење на синхрон генератор
    - Статична стабилност – мали промени во системот
    - Динамичка стабилност – големи промени во системот: куси врски, испади на генератори и потрошувачи
    - Нумеричко решавање на диференцијални равенки