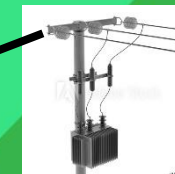
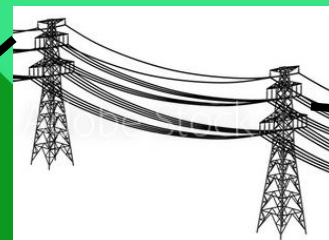


ПАМЕТНЕ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКЕ МРЕЖЕ

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
САША ШТАТКИЋ

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА ИНФРАСТРУКТУРА



ТРЖИШТЕ

ОПЕРАТЕРИ

ПРОИЗВОДЊА

ПРЕНОС

ДИСТРИБУЦИЈА

ПРОТОК ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЈЕДНОМ СМЕРУ

Постојећа Електроенергетска инфраструктура у производњи преносу и дистрибуцији електричне енергије је **стара** и **не може да задовољи** потребе брзог развоја и нових потреба за еколошким изворима енергије.

СТРАТЕГИЈА ЕУ ИЗ 2014. – ПЛАН ДО 2020.

ДО 2020.
ГОДИНЕ

-20%
ЕМИСИЈА
ШТЕТЕНИХ
ГАСОВА

20%
ОБНОВЉИВИ
ИЗВОРИ
ЕНЕРГИЈЕ

20%
ЕНЕРГЕТСКА
ЕФИКАСНОСТ

СМАЊЕЊЕ ЕМИСИЈЕ ШТЕТНИХ ГАСОВА СА ЕФЕКТОМ СТАКЛЕНЕ БАШТЕ ЗА 20%

УЧЕШЋЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ СА 20% ОД УКУПНЕ ПРОИЗВОДЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

ПОВЕЋАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗА 20%

ПОРЕЂЕЊЕ У ОДНОСУ НА 1990. ГОДИНУ

СТРАТЕГИЈА ЕУ ИЗ 2014. – ПЛАН ДО 2030.

ДО 2030.
ГОДИНЕ

-40%
ЕМИСИЈА
ШТЕТЕНИХ
ГАСОВА

≥ 27%
ОБНОВЉИВИ
ИЗВОРИ
ЕНЕРГИЈЕ

≥ 27%
ЕНЕРГЕТСКА
ЕФИКАСНОСТ

СМАЊЕЊЕ ЕМИСИЈЕ ШТЕТНИХ ГАСОВА СА ЕФЕКТОМ СТАКЛЕНЕ БАШТЕ ЗА 40%

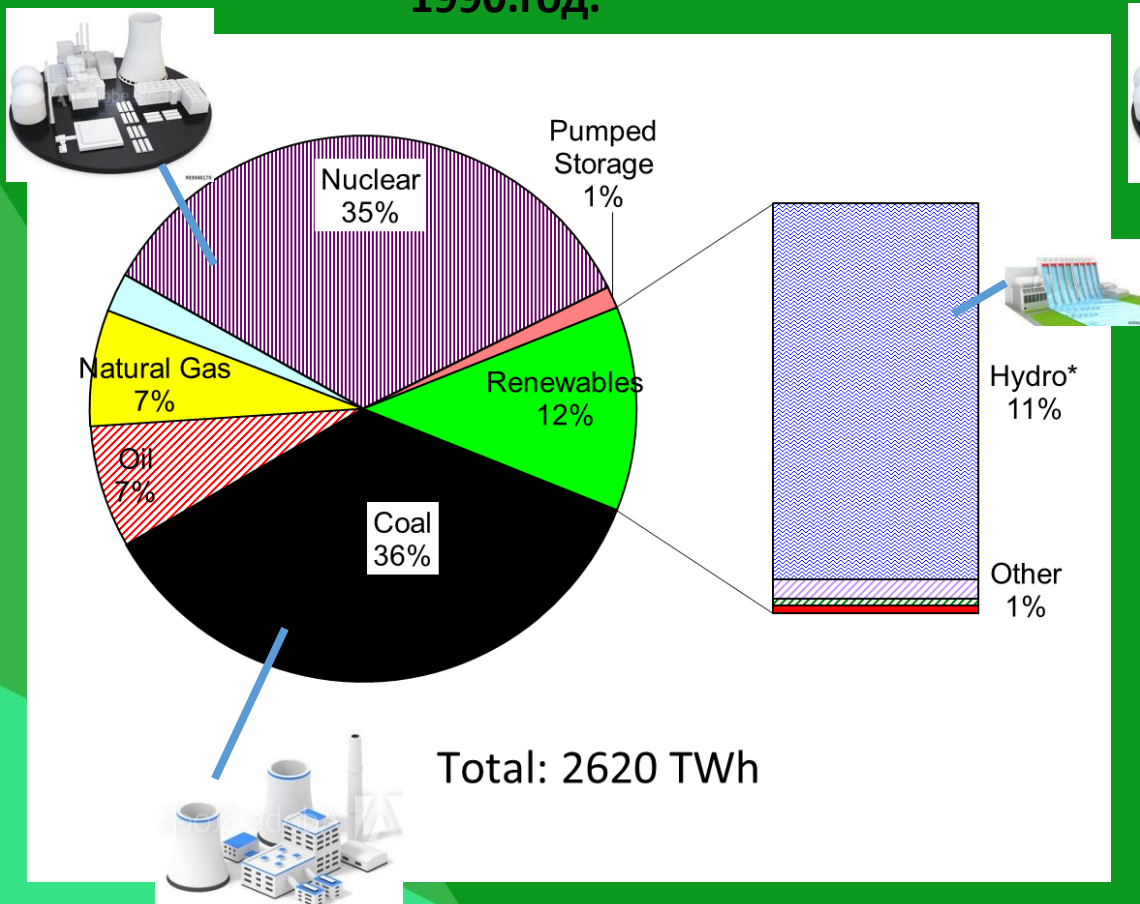
УЧЕШЋЕ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ СА 27% ОД УКУПНЕ ПРОИЗВОДЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

ПОВЕЋАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗА 27%

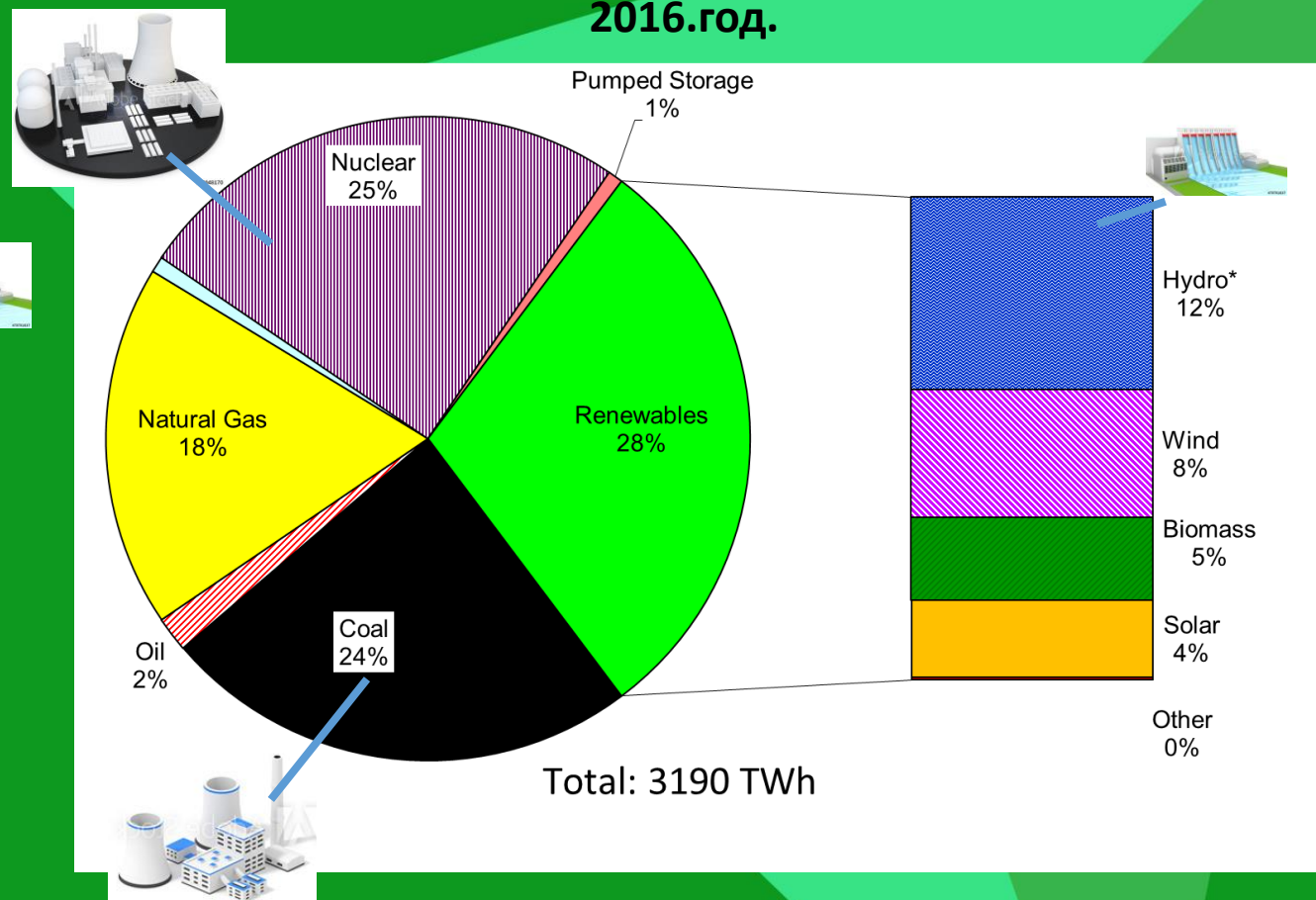
ПОРЕЂЕЊЕ У ОДНОСУ НА 1990. ГОДИНУ

ПРОИЗВОДЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЕУ

1990.год.

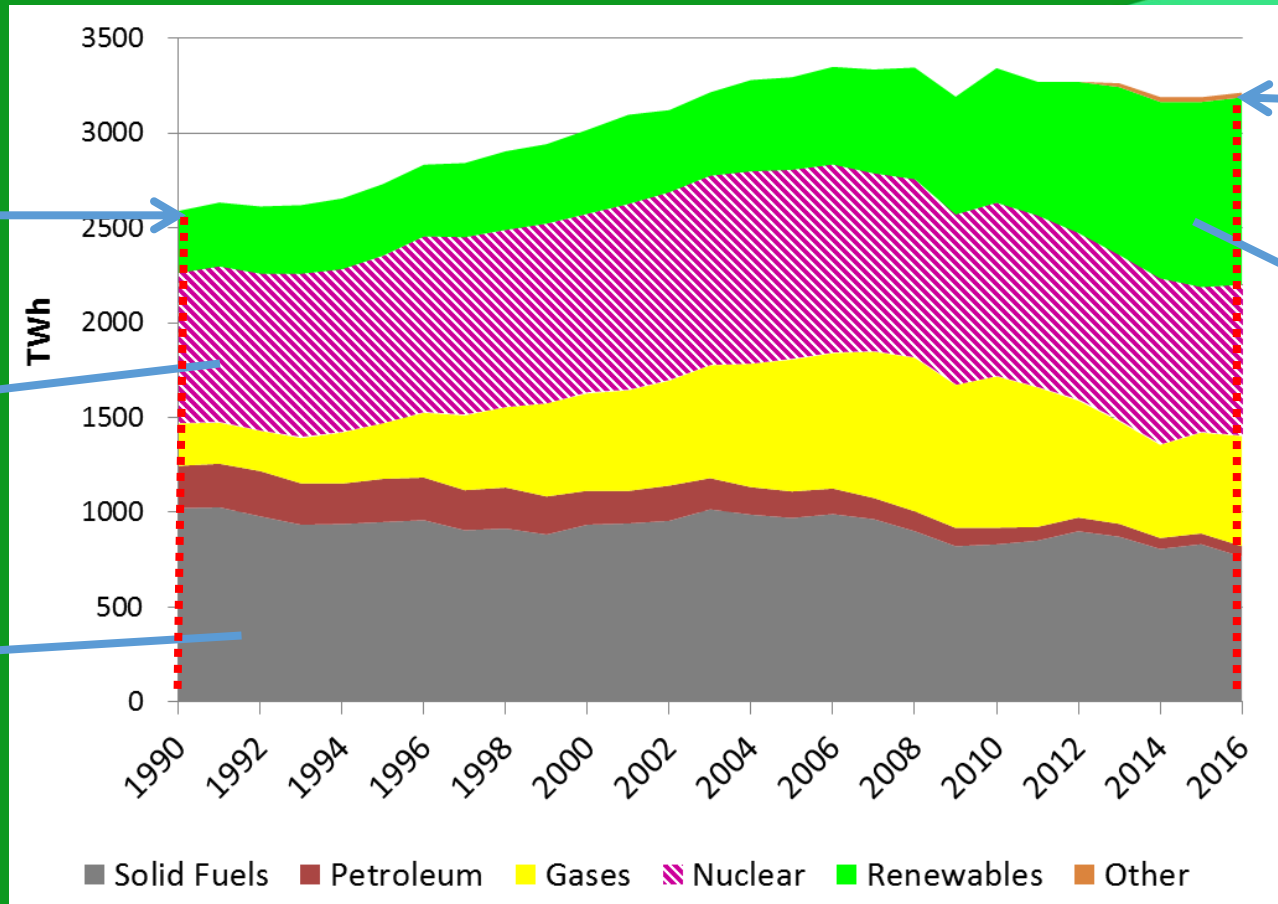


2016.год.



ПРОИЗВОДЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЕУ

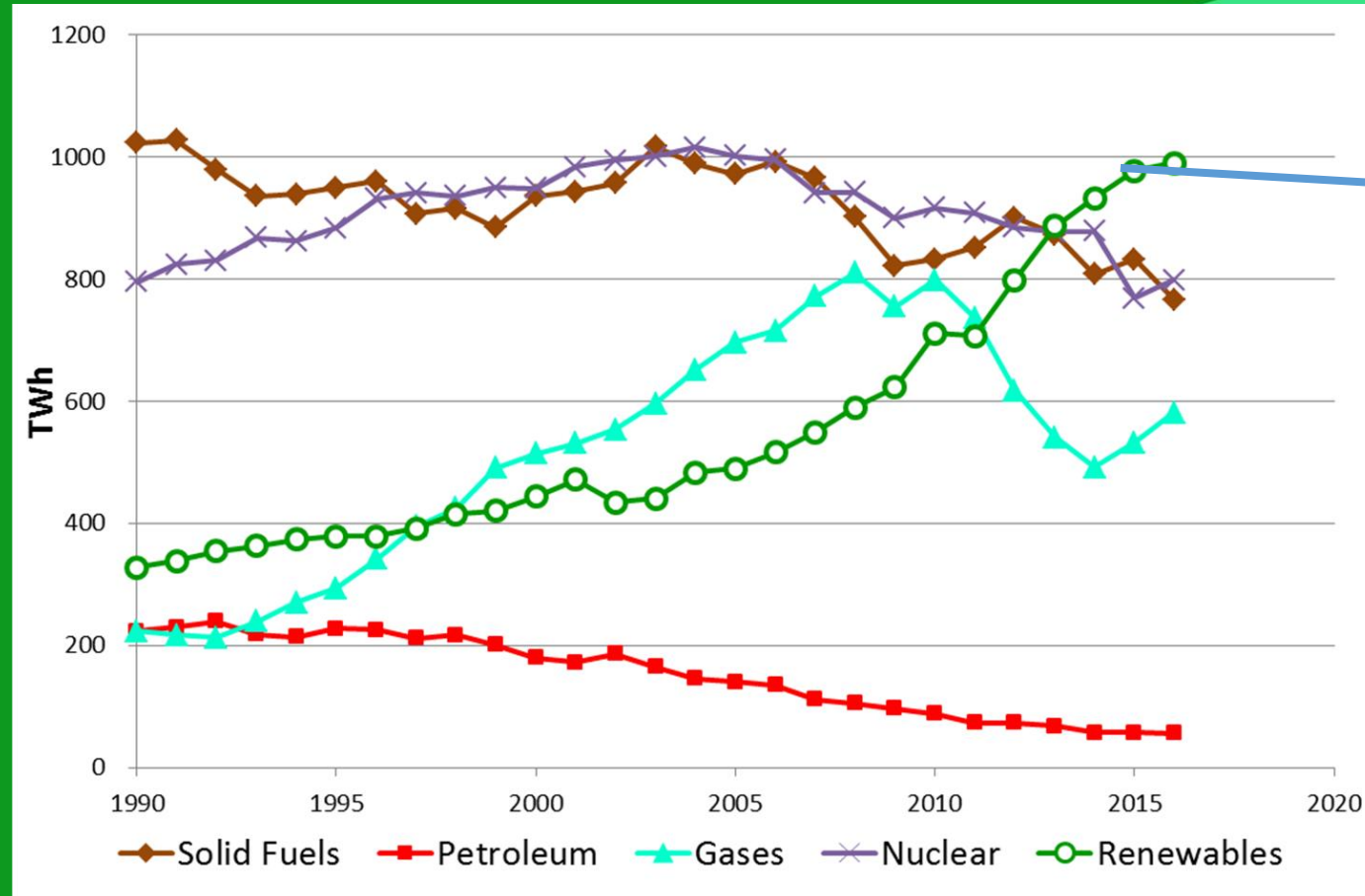
1990.год.
2620 TWh



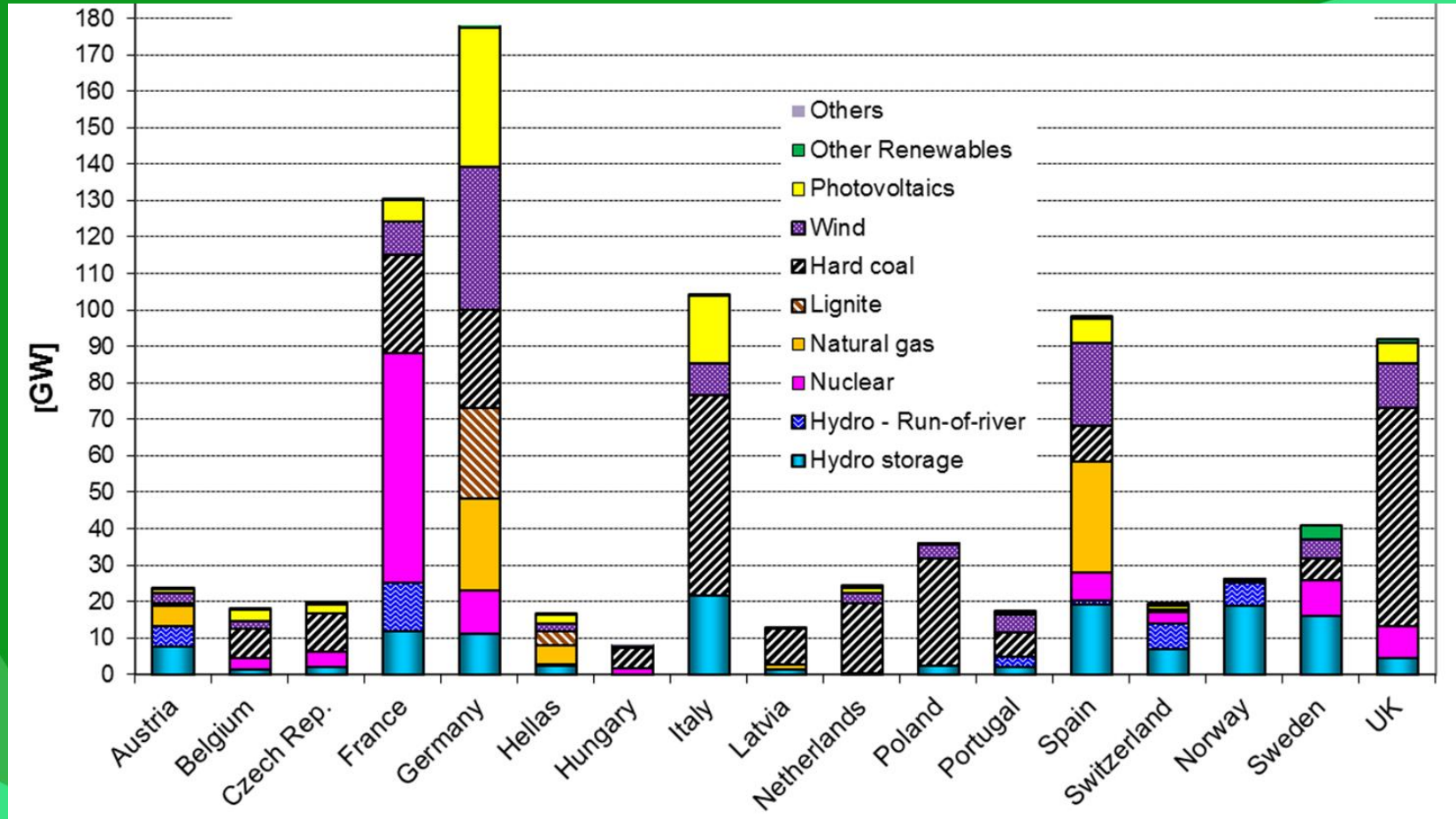
2016.год.
3190 TWh



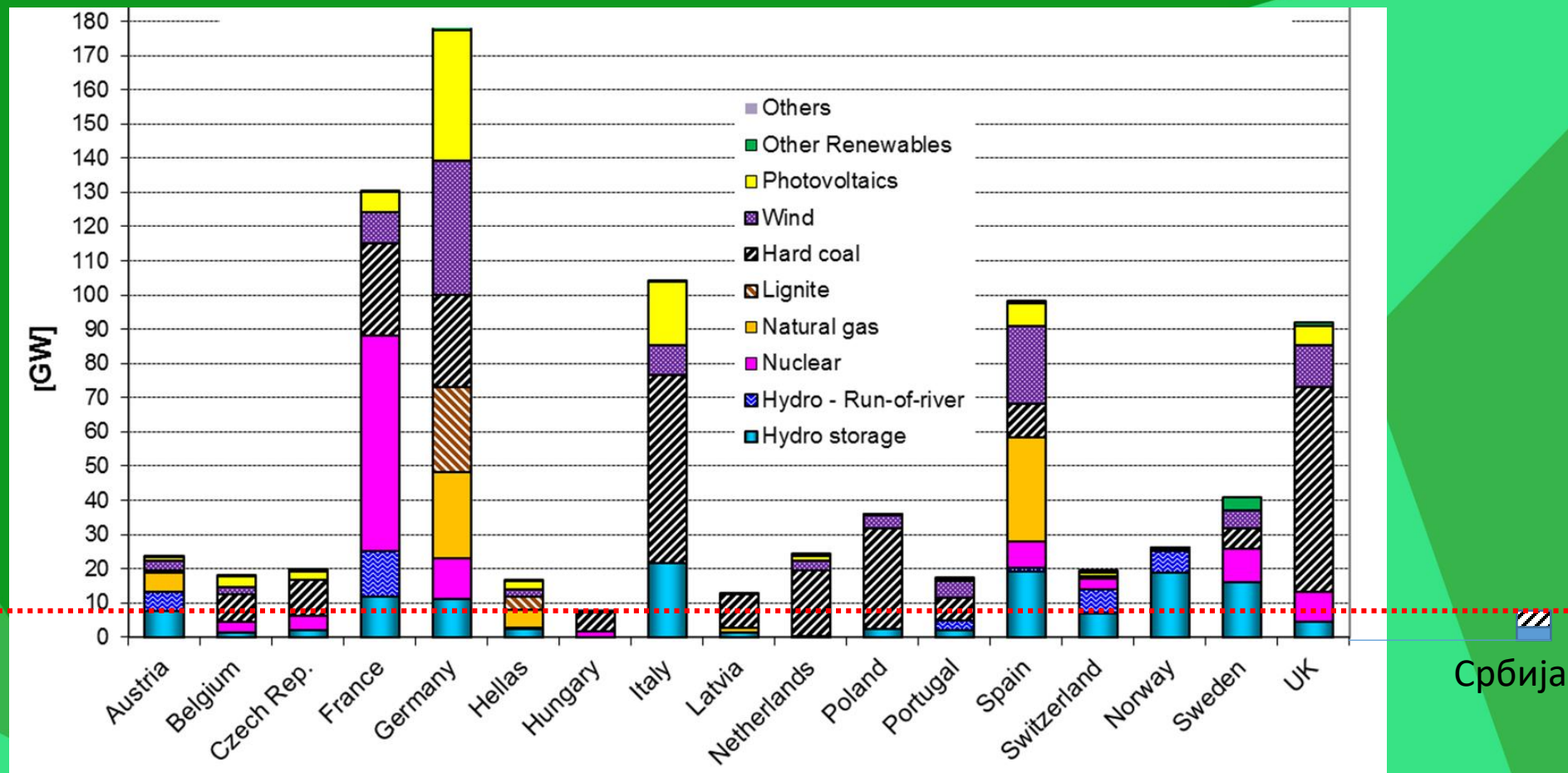
ПРОИЗВОДЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЕУ



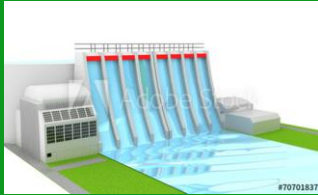
ИНСТАЛИСАНИ КАПАЦИТЕТИ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ 01



ИНСТАЛИСАНИ КАПАЦИТЕТИ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ 02



ПРОЦЕНТУАЛНИ ОДНОС ИНСТАЛИСАНИХ СНАГА ЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ



ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА ИНФРАСТРУКТУРА



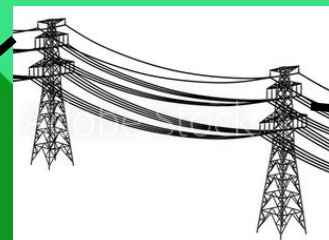
ТРЖИШТЕ



ОПЕРАТЕРИ



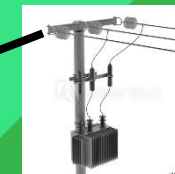
ПРОИЗВОДЊА



ПРЕНОС



ДИСТРИБУЦИЈА



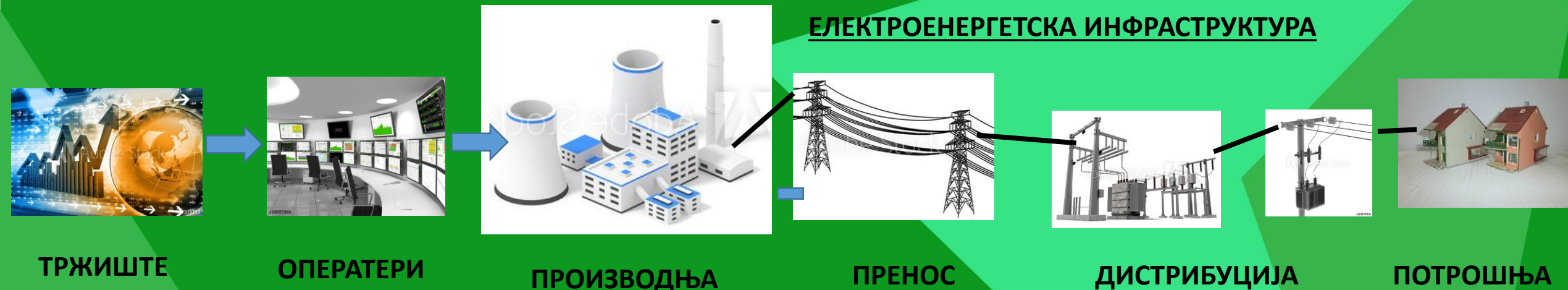
ПРОТОК ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЈЕДНОМ СМЕРУ

Постојећа Електроенергетска инфраструктура у производњи преносу и дистрибуцији електричне енергије је **стара** и **не може да задовољи** потребе брзог развоја и нових потреба за еколошким изворима енергије.

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

ПРОТОК ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЈЕДНОМ СМЕРУ

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА ИНФРАСТРУКТУРА



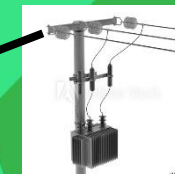
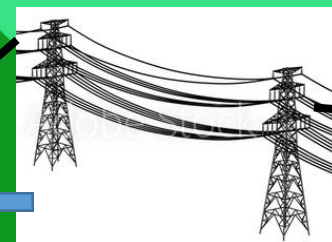
ПРОИЗВОДЊА

У потојећем ЕЕС-у електричну енергију производе генератори великих снага.
У термоелектранама и нуклеарним електранама називне снаге генератора се крећу од
више стотина MVA све до 1000 MVA.

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

ПРОТОК ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЈЕДНОМ СМЕРУ

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА ИНФРАСТРУКТУРА



ТРЖИШТЕ

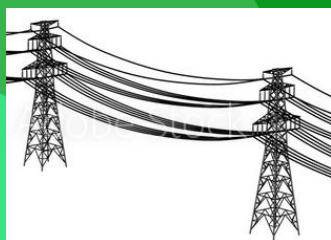
ОПЕРАТЕРИ

ПРОИЗВОДЊА

ПРЕНОС

ДИСТРИБУЦИЈА

ПОТРОШЊА



ПРЕНОС

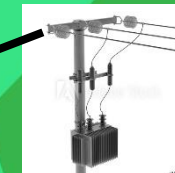
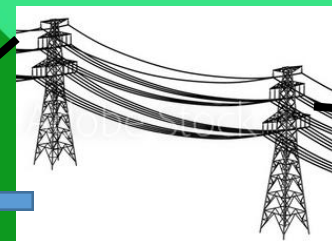
Преносна мрежа преноси електричну енергију на велику даљину.

Пренос снаге високим напоном много је јефтинији него на нижим напонима, због мањих губитака јер су на високим напонима струје мале, па самим тим и губици су мањи.

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

ПРОТОК ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЈЕДНОМ СМЕРУ

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА ИНФРАСТРУКТУРА



ТРЖИШТЕ

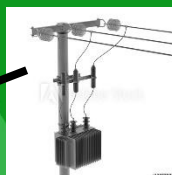
ОПЕРАТЕРИ

ПРОИЗВОДЊА

ПРЕНОС

ДИСТРИБУЦИЈА

ПОТРОШЊА



Снага се из система може преузети тако да пролази кроз дистрибутивне трансформаторе, све до крајњих потрошача. Дистрибутивна мрежа служи да снизи напон на потребне вредности јер уређаји потрошача могу да раде само са релативно ниским напоном.

ДИСТРИБУЦИЈА

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

ПРОТОК ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ЈЕДНОМ СМЕРУ

НАЗИВНИ НАПОНИ У ЕЕС



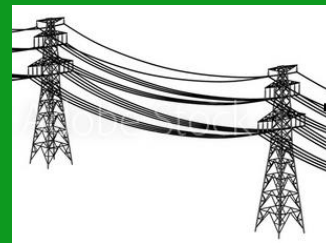
ГЕНЕРАТОР

20kV
15kV
10 kV



БЛОК
ТРАФО

400kV
220kV
110kV



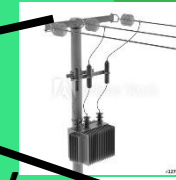
ПРЕНОС

400kV
220kV
110kV



ДИСТРИБУЦИЈА

35kV
20kV
10kV
6kV



0,4kV



0,4kV

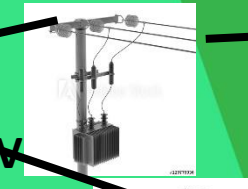
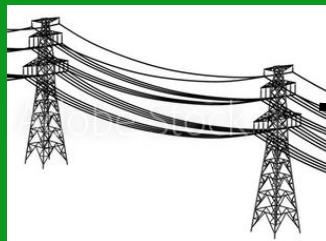
ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА КОМУНИКАЦИЈА – ГЕНЕРАТОРИ И ПРЕНОСНА МРЕЖА

АУТОМАТСКА РЕГУЛАЦИЈА РАДА
МЕРЕЊА У РЕАЛНОМ ВРЕМЕНУ



ДОБРА КОМУНИКАЦИЈА

Део ЕЕС-а који је задужен за производњу и пренос ел. енергије, генератори и преносна мрежа, имају добре комуникационе везе, како би одржали **стабилност система**, омогућили финансијске обрачуне и трансакције, одржали ефикасан рад, и олакшали заједнички рад генератора и преносне мреже.



ГЕНЕРАТОР

20kV
15kV
10 kV

БЛОК
ТРАФО

400kV
220kV
110kV

ПРЕНОС

400kV
220kV
110kV

ДИСТРИБУЦИЈА

35kV
20kV
10kV
6kV

0,4kV

ПОТРОШЊА
ПАСИВНА

16

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА КОМУНИКАЦИЈА – ДИСТРИБУТИВНА МРЕЖА И ПОТРОШАЧИ

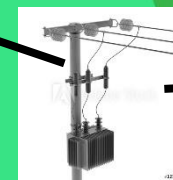
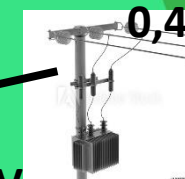
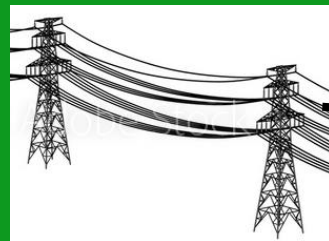
Дистрибутивна мрежа углавном је пасивна, са slabим комуникацијама и ограниченом регулацијом. Осим у највећим потрошачким центрима (на пример, ваљаонице, челичане, топионице алуминијума), не примењује се надгледање (“мониторинг”) у реалном времену напона који се обезбеђује потрошачима или њихових струја. Веома је слаба интеракција између енергетског система и потрошача.



БЕЗ РЕГУЛАЦИЈЕ

БЕЗ МЕРЕЊА И НАДЗОРА НАПОНА У РЕАЛНОМ ВРЕМЕНУ

ЛОША КОМУНИКАЦИЈА



20kV
15kV
10 kV

БЛОК
ТРАФО

400kV
220kV
110kV

ПРЕНОС

400kV
220kV
110kV

ДИСТРИБУЦИЈА

35kV
20kV
10kV
6kV

0,4kV

ПОТРОШЊА
ПАСИВНА

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа - Застарела опрема и недостатак капацитета

Опрема у преносној и дистрибутивној мрежи која је раније (1950) инсталисана данас је таква да јој је **животни век прошао**, због чега је потребна њена замена.

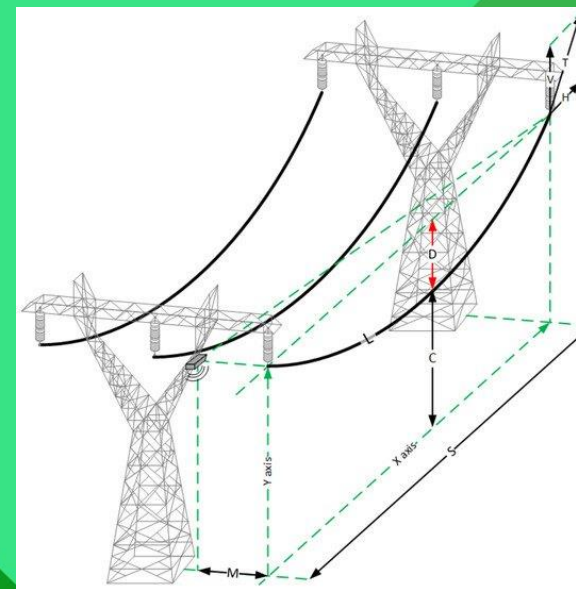
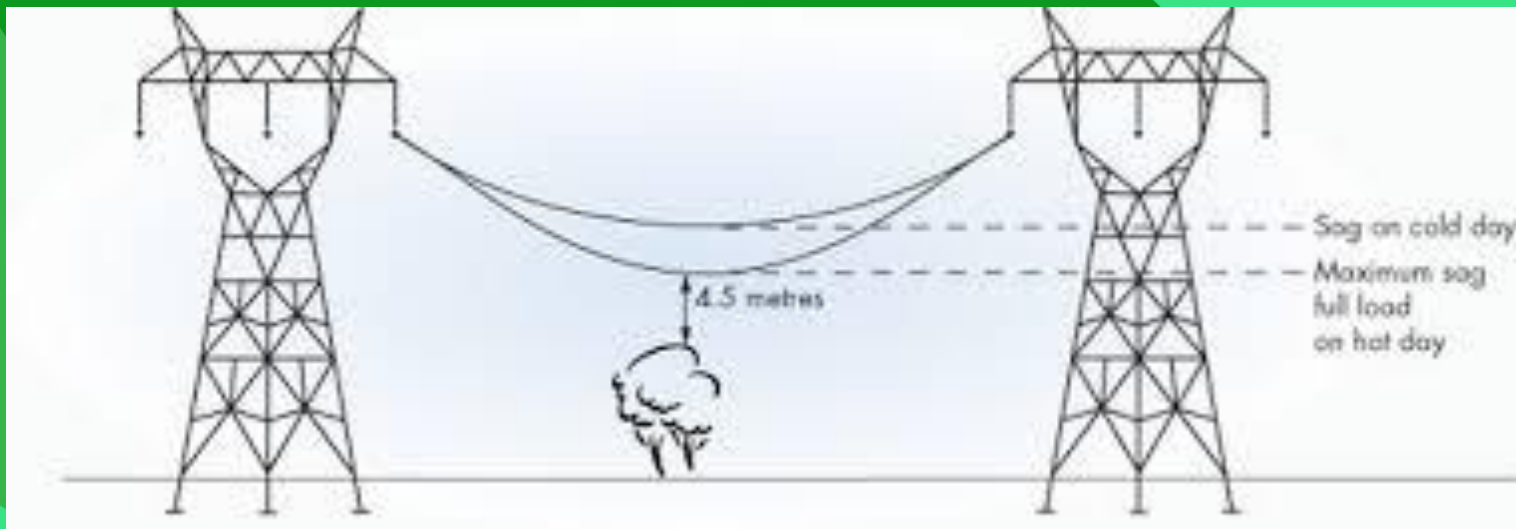
У многим земљама надземни водови, потребни да прихвате пораст енергије због прикључења малих електрана, третирају се тако да се њихова замена одлаже и десетак година, због тешкоћа у добијању нових траса (простора за изградњу водова), као и добијања дозвола везаних за екологију. Због тога неки од постојећих преносних и дистрибутивних водова раде оптерећени **близу границе капацитета**, због чега неке од малих електрана не могу бити прикључене.

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

Термичка ограничења – ваздушни водови

Термичка ограничења у постојећим преносним и дистрибутивним водовима су коначна граница њихових преносних капацитета.



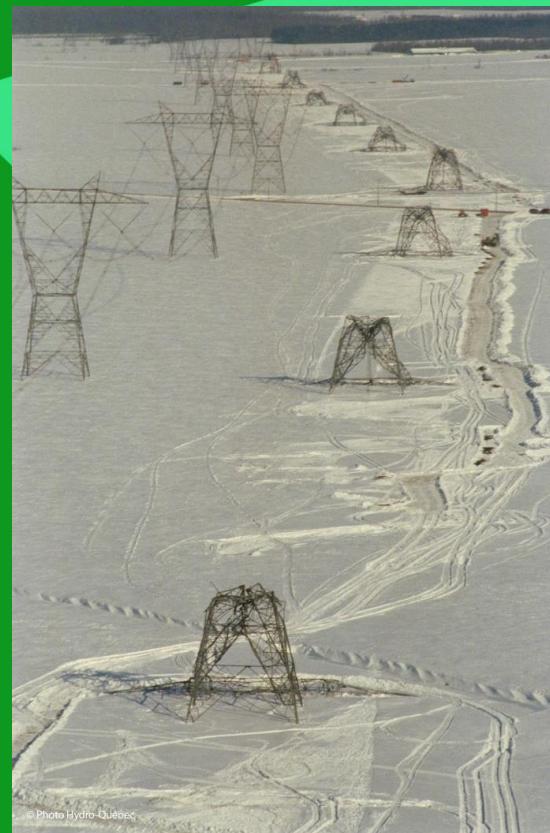
Уколико кроз проводник надземног вода пролази прекомерна струја, проводник се издужује, угиб ланчанице се повећава, а растојање према земљи смањује. Свако смањење растојања проводника надземног вода према земљи има значајне последице по повећање броја кварова, као и опасност по људе.

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

Термичка ограничења – ваздушни водови

Зима – лед и снег – повећана тежина ваздушног вода



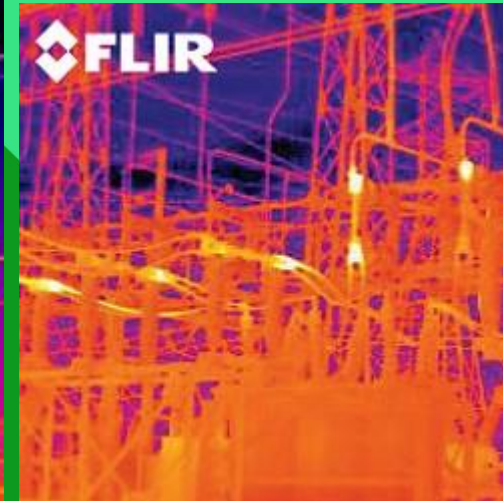
From January 5 to 9, 1998,
southern Québec

110 millimeters of ice

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

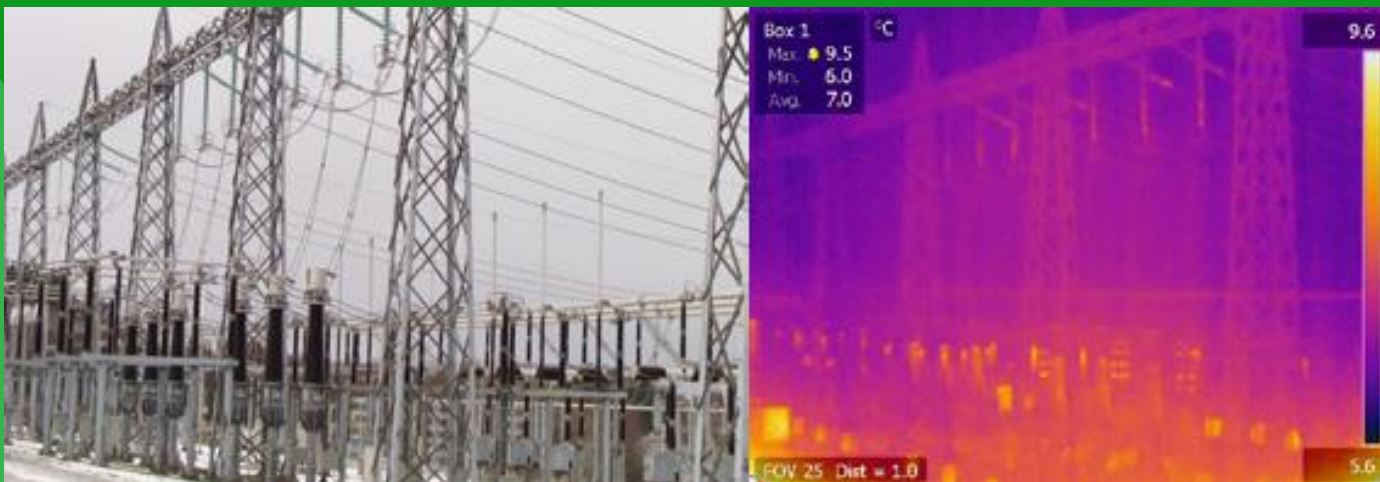
Термичка ограничења – ваздушни водови - разводно постројење



ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

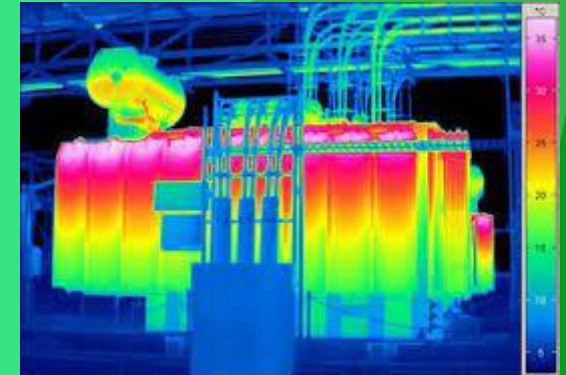
Термичка ограничења – ваздушни водови - разводно постројење



ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

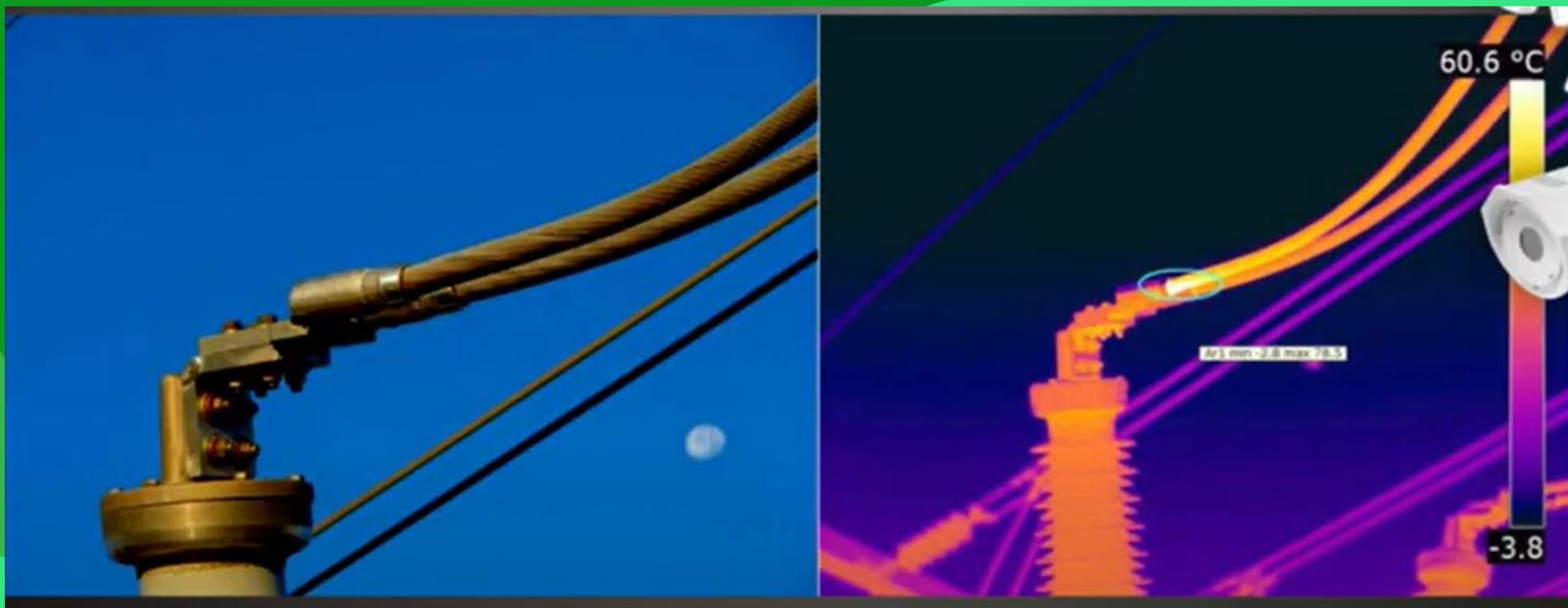
Термичка ограничења – трансформатори – разводно постројење



ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

Термичка ограничења – ваздушни водови - разводно постројење

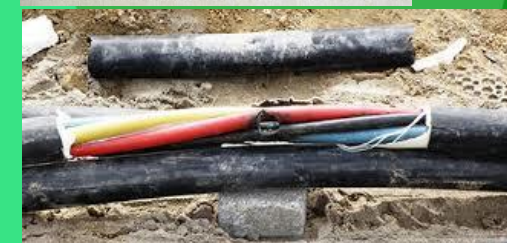
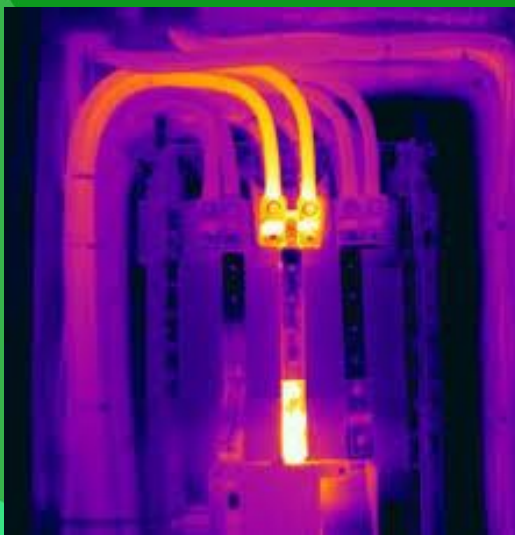


ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

Термичка ограничења – каблови

Термичка ограничења у постојећим кабловима су коначна граница њихових преносних капацитета.



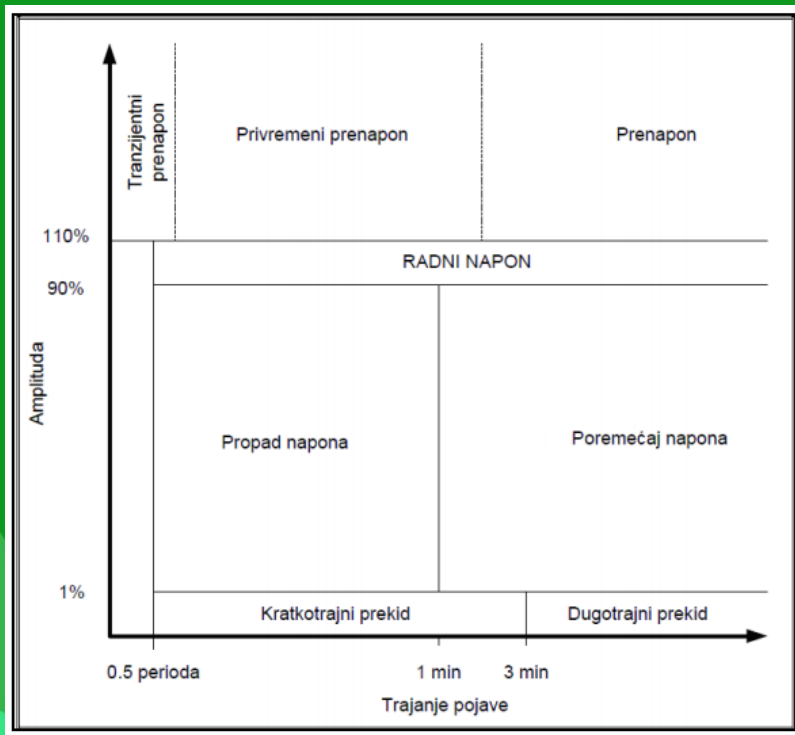
Када опрема проводи струју већу од термичког максимума, она постаје прегрејана, што веома лоше утиче на електричну изолацију, која убрзано стари. То доводи до смањења животног века опреме и повећаног броја кварова.

ТРАДИЦИОНАЛАНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

Погонска ограничења – промена напона

Сваки електроенергетски систем ради при претходно дефинисаним границама напона и фреквенције.



Изолација елемената ЕЕС-а и потрошача може бити оштећена, доводећи до кратких спојева.

Пренапони настају код минималних оптерећења, Комутација расклопне опреме.

Сувише низак напон може довести до кварова опреме потрошача, а може довести до превеликих струја, због чега заштита може да искључи неке водове и генераторе.

Пропади напона настају код максималних оптерећења.

Дефиниција напонских поремећаја према стандарду EN 50160

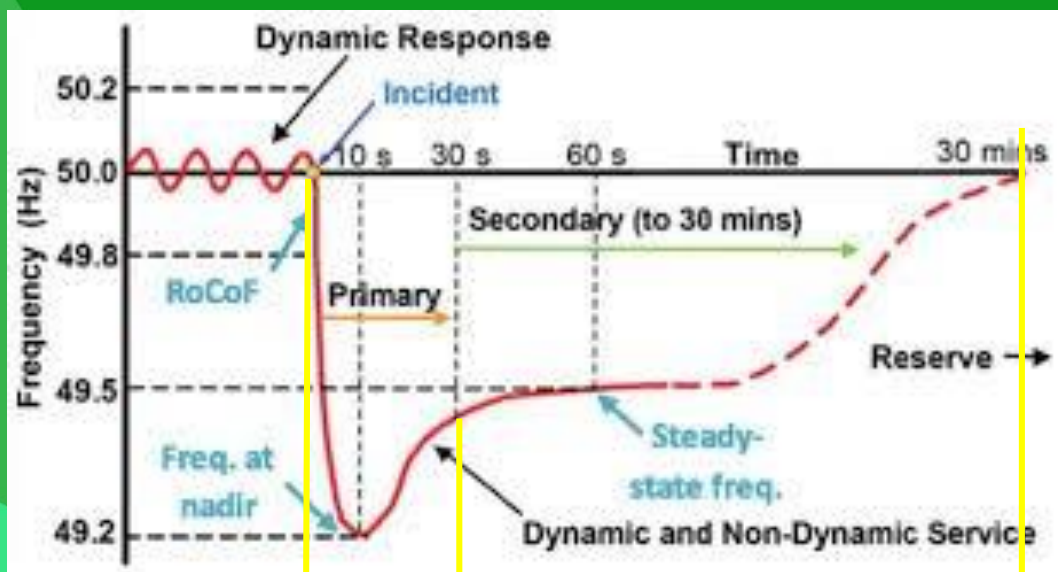
ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

Погонска ограничења – промена фреквенције

Зависност фреквенције ЕЕС- од времена

у току дебаланса између снаге производње и снаге потрошње



A

B

Фреквенција у ЕЕС-у регулисана је изједначавањем потрошње са производњом ел. енергије тако што регулатори турбине отварају или затварају вентиле кроз које се доводи радни флуид (вода код хидрогенератора или пара код турбогенератора), у току неколико секунди (примарна регулација)

A Примарна резерва снаге на самом генератору. Ако генератор ради са мањим оптерећењем од називног може сед повећати његова снага помоћу турбинског регулатора флуида.

B Ако се устали снижена фреквенција, онда примарна резерва снаге на генератору није довољна за покривање недостатка снаге. Секундарна резерва снаге – укључивање другог генератора на мрежу

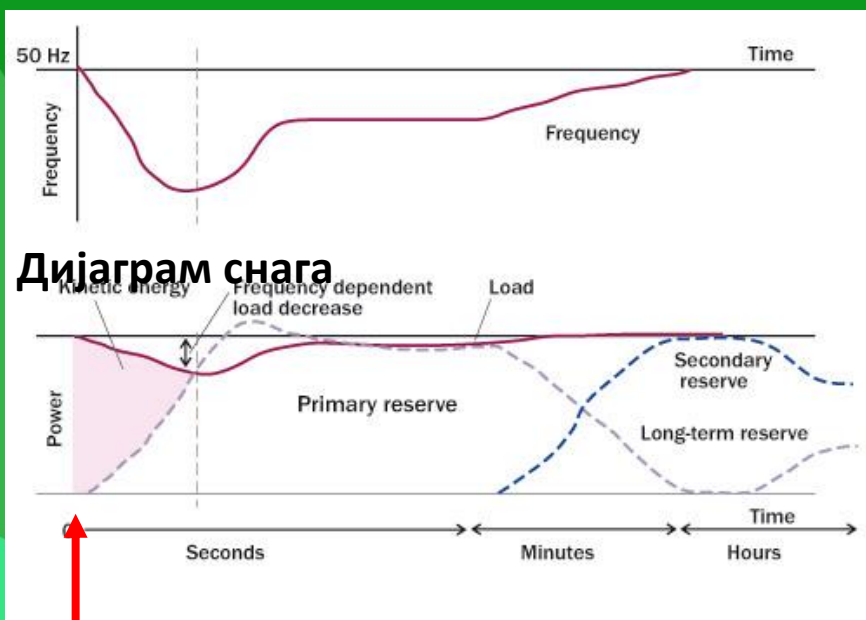
ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

Погонска ограничења – промена фреквенције

Примарна и секундарна регулација фреквенције

Дијаграм фреквенције



Дијаграм снага

Неколико секунди после наглог дебаланса снаге почиње активирање резерве примарне активне снаге генератора. Снага генератора почиње нагло да расте (ако има резерве). Након деловања примарне резерве успоставља се нови баланс снаге и фреквенција постаје константна, али мања од номиналне.

Секундарна резерва снаге се постепено активира у наредних 10-15 мин. и фреквенција се постепено враћа на номиналну вредност.

Секундарна резерва снаге садржи обртну резерву, хидро и термоелектране које су у раду на систему са малим оптерећењем или хладну резерву која представља електрану са гасном турбином која може брзо стартује и прикључи се на мрежу.

Испад велике електране са ЕЕС-а због реаговања заштите Или, нагло искључење потрошача велике снаге

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

Погонска ограничења – баланс између производње и потрошње

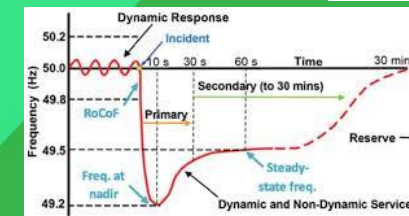
Мали генератори као секундарна резерва снаге!? Одговор, НЕ!



Одржавање равнотеже између производње активне електричне снаге и потрошње са задовољавајућом вредношћу фреквенције.

Мали генератори који користе обновљиве енергије (на пример, ветар, Сунчево зрачење) имају **производњу која је променљива** јер зависи од метеоролошких услова.

Та се производња **не може предвидети са довољном сигурношћу** неколико сати унапред, што је важно због планирања потрошње, али и због тржишта електричном енергијом.



ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

Погонска ограничења – баланс између производње и потрошње

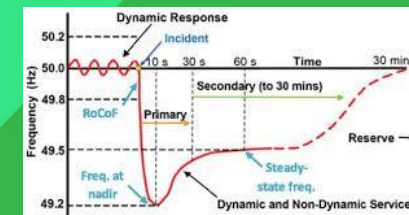
Генератори у термоелектарнама велике називне снаге, делимично оптерећени као секундарна резерва снаге, „обртна резерва“!?

Одговор, ДА! Али уз велике инвестиције.



Одржавање равнотеже између производње активне електричне снаге и потрошње са задовољавајућом вредношћу фреквенције.

Велики термогенератори у класичним термо-електранама технолошки захтевају да покретање из хладног стања траје и до шест сати. Неки генератори у систему (на пример, у нуклеарним електранама) из техничких и економских разлога морају да раде са константном снагом. Електрана ради на техничком минимуму у току целог периода располагања као секундарна резерва снаге. Не учествује у производњи електричне енергије у пуном обиму и има мали степен искоришћења, енергетски и економски.



ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

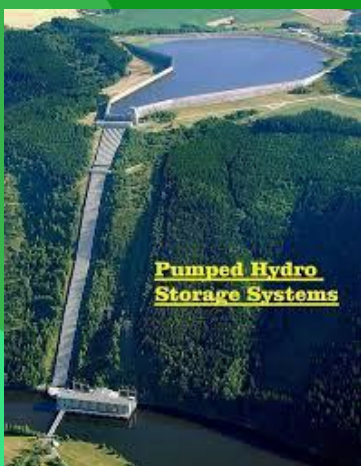
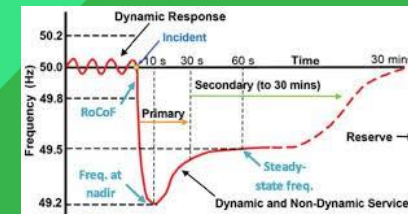
Погонска ограничења – баланс између производње и потрошње

Складиштење енергије као секундарна резерва снаге?

- Акумулациона језера на већим надморским висинама – Реверзибилна хидро електрана
- Батеријска постројења,
- Подземна складишта компримованог ваздуха.
- Складишта водоника.



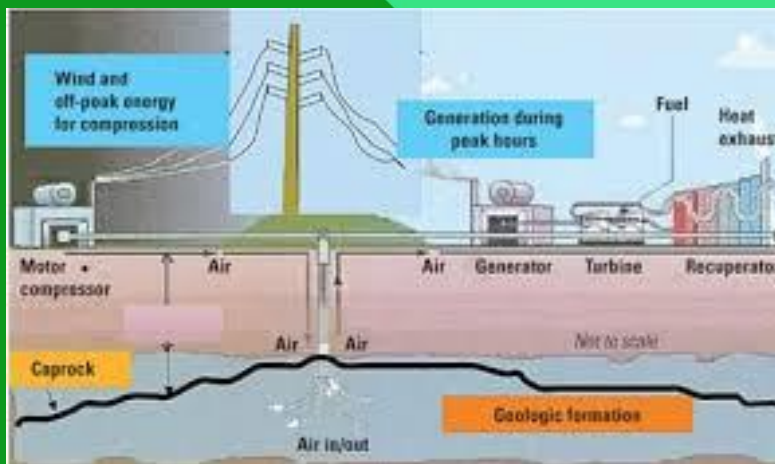
Одговор, ДА!
Али уз велике инвестиције.



Реверзибилна хидро електрана



Батеријска постројења



Подземна складишта компримованог ваздуха



Складишта водоника

ТРАДИЦИОНАЛАНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Разлози за примену Паметних мрежа

Погонска ограничења – Сигурност напајања

На мрежу се прикључује све више критичних потрошача, оних који **не смају да остану без напајања**.

Традиционални приступ за повећање поузданости био је да се инсталишу додатне **редундантне мреже** (омогућавају напајање **са још једне стране**), уз знатна инвестициона улагања и негативан еколошки утицај.

Приступ Интелигентне мреже је да се користе акције **реконфигурације**, аутоматски, после квара, како би се одржало напајање, а без потребе да се имају додатни двоструки путеви за напајање са друге стране.

Националне иницијативе - Европска унија

Платформа о Технологијама у Паметним мрежама

Европска Унија је издала Платформу о Технологијама Паметних мрежа

Идентификоване су следеће важне области:

- Ојачавање мреже, укључујући проширење на приобаље (ветропаркови);
- Развој децентрализованих архитектура за систем управљања;
- Испорука комуникационе инфраструктуре;
- Омогућавање да потрошачка страна буде активна;
- Интеграција извора са променљивом производњом;
- Унапређење “интелигенције” производње, потрошње и мреже;
- Искоришћавање предности од дистрибуиране производње и складиштења;
- Припрема за увођење великог броја електровозила.

Националне иницијативе - САД

Према закону 110–140-DEC. 19, 2007 , САД

- модернизација преносних и дистрибутивних мрежа
- обезбеђивање поуздане и сигурне електро инфраструктура која ће да задовољи будуће повећање потрошње
- повећана употреба дигиталних информационих и управљачких технологија
- динамичку оптимизацију рада мреже и ресурса;
- размештање и интеграцију (увођење) **дистрибуираних извора**;
- **изворе на страни потрошача**, а не у електропривредној организацији;
- енергетски ефикасне ресурсе;
- развој паметних технологија за мерење ел. енергије, комуникације и аутоматизацију дистрибутивних мрежа;
- интеграцију паметних уређаја и кућних апарата;
- развој и интеграција напредних технологија за складиштење ел. енергије и метода за смањење врха дијаграма оптерећења; обезбеђивање потрошачима правовремених информација и управљачких могућности

ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА



Да се електрична енергија производи без ослобања CO_2 (угљен-диоксида) у атмосферу

Постоји сагласност да мора да се пронађе начин да се енергија користи ефикасније и да се електрична енергија производи без ослобађања CO_2 (угљен-диоксида).



ТРАДИЦИОНАЛНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА



Да се електрична енергија производи без ослобањања CO₂ (угљен-диоксида) у атмосферу



Циљ – да се термо електране на угаљ (велика инсталирана снага) замене са великим бројем малих електрана и микроелектрана које не сагоревају фосилна горива (угаљ, нафту) и не ослобађају у атмосферу угљен-диоксид, CO₂.

НОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

НОВА ТЕХНОЛОГИЈА ИЗРАДЕ ВАЗДУШНИХ ВОДОВА

МАЊИ УГИБ
ВАЗДУШНОГ ВОДА



Алуминијумски проводник,
комполитно језгро

Aluminum Conductor Composite Core (ACCC)



Aluminium conductor steel-reinforced cable (ACSR)



Алуминијумски проводник,
са челичним језгром

НОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

НОВА ТЕХНОЛОГИЈА ИЗРАДЕ ВАЗДУШНИХ ВОДОВА

100% увећана називна
струја вода

30% смањени губици снаге у
преносу

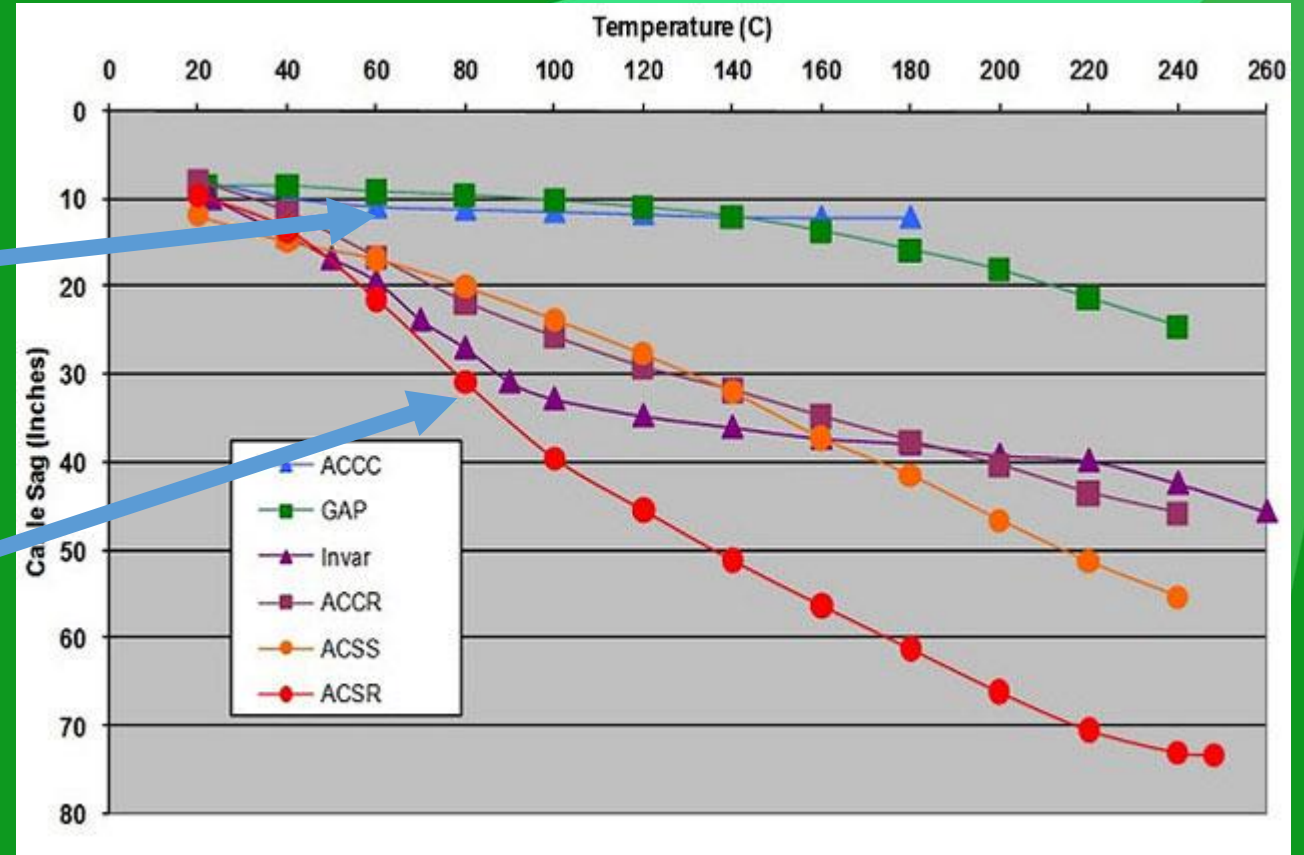
Најмањи угиб,
Скоро константан при
пораству температуре



ACCC

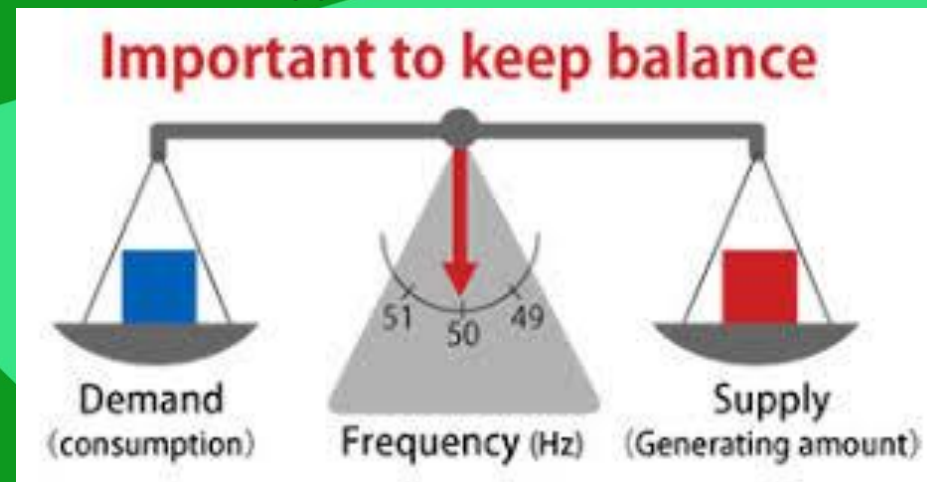
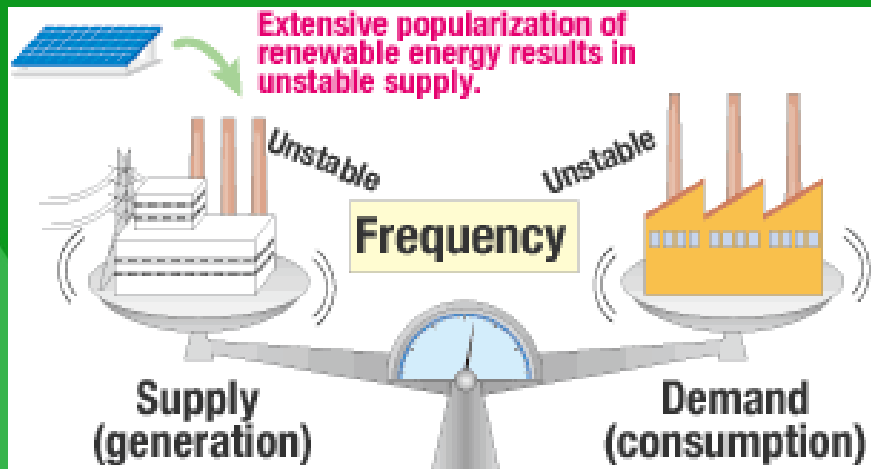


ACSR



ПАМЕТНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

РАВНОТЕЖА ИЗМЕЂУ ПОТРОШЊЕ И ПРОИЗВОДЊЕ



Коришћење великих количина обновљивих извора за производњу електричне енергије захтева интеграцију потрошача у рад ЕЕС-а, са циљем да се оствари равнотежа производње и потрошње.

Ефикасно управљање оптерећењем и смањење губитака и утрошене енергије захтева да се поседују информације о већем броју величина битним за процес управљања. Ове информације морају да се измере, сниме (велики број сензора и мерних уређаја), да се пренесу неким комуникацијским путем до рачунара и рачунарске мреже, да се обраде у реалном времену и да се затим делује на извршне органе на самим дистрибуираним генераторима.

ПАМЕТНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

ПАМЕТНА БРОЈИЛА



Паметна бројила су важан део Паметних мрежа јер могу да обезбеде информације о потрошњи, и самим тим, токовима снага у мрежи.

Када сви делови ЕЕС-а постану надгледани, стање ЕЕС-а постаће опсервабилно (може се посматрати), што пружа могућност за боље управљање системом.

ПАМЕТНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

КОМУНИКАЦИЈА + ИНТЕРНЕТ + ЕЕС = SMART GRID

Актуелни развој комуникационих система, посебно Интернета, нуди могућност много већег надгледања и управљања унутар целог ЕЕС-а, и, због тога, ефикаснији, јефтинији и флексибилнији рад система. Интелигентне мреже су прилика да се користе ИКТ (Информационо-Комуникационе Технологије) и да се тако значајно унапреди енергетски систем.



+



+

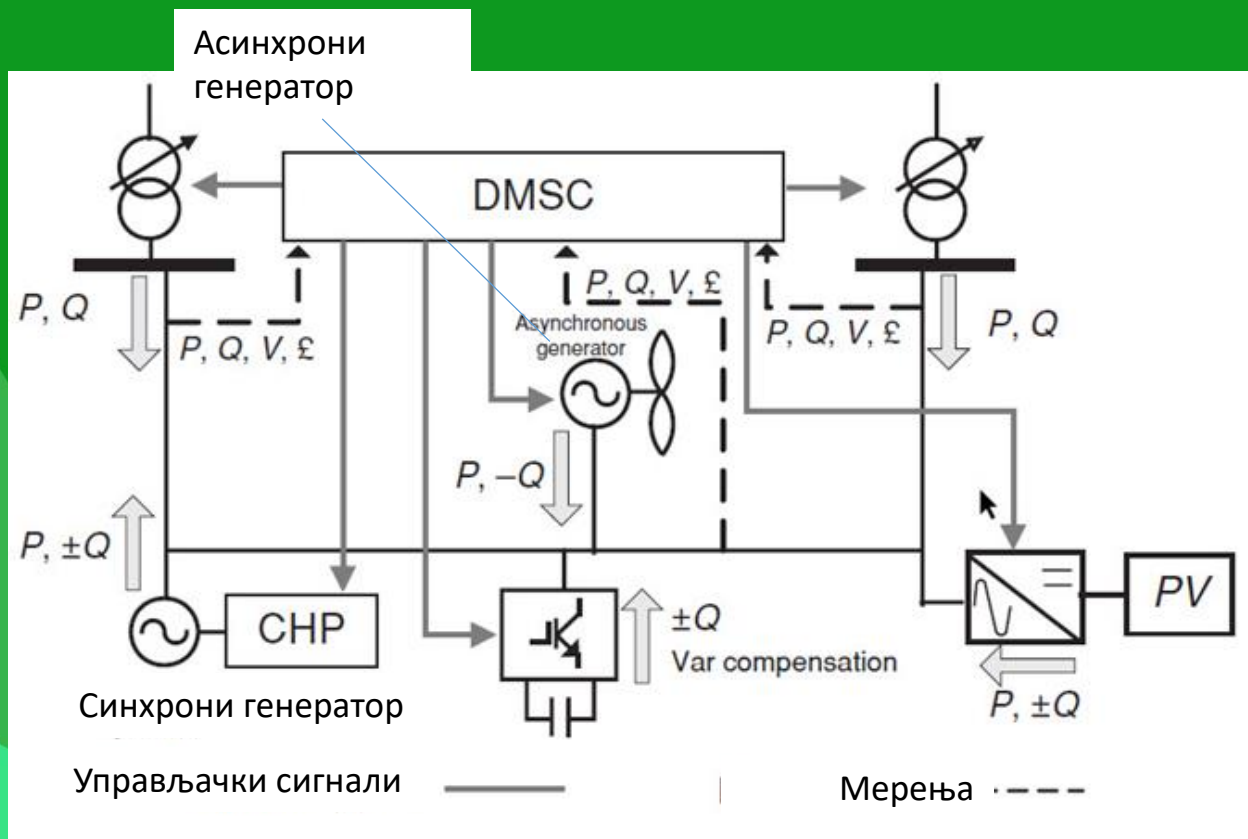


=



ПРВЕ ИНИЦИЈАТИВЕ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Шема активног управљања дистрибутивном мрежом



Combined heat and power (CHP)

Комбинована термоелектрана/топлана

Distribution Management System Controller (DMSC)

Регулатор управљања дистрибутивном мрежом

Ток ел. снаге није једносмеран

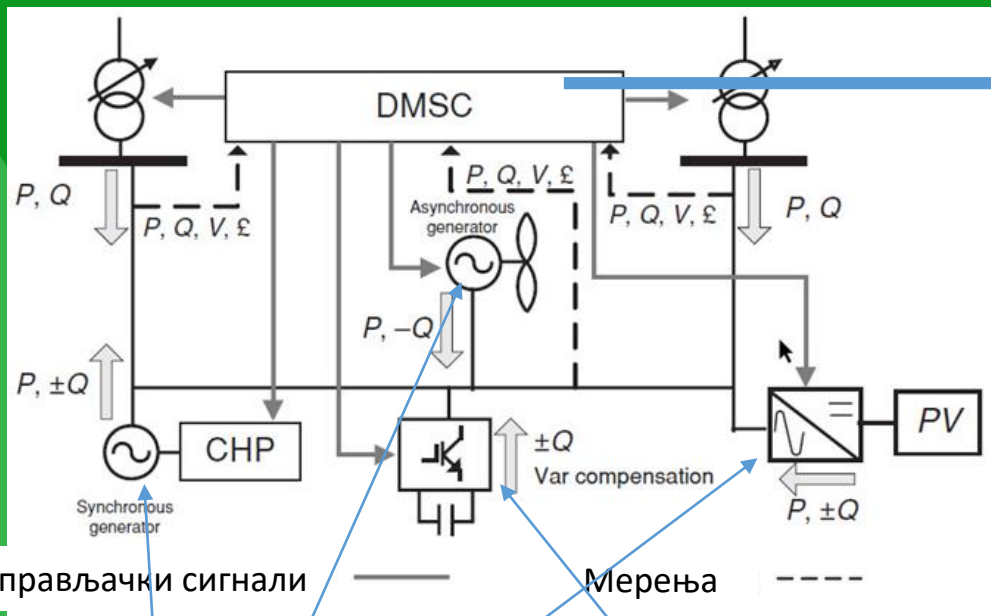
Дистрибуирани генератори повећавају струју кратког споја на ширем подручју.

Ток реактивне снаге у мрежи може бити независан од токова активних снага.

Многи DG повезани су на мрежу преко уређаја енергетске електронике, због чега у мрежу убацују више хармонике.

ПРВЕ ИНИЦИЈАТИВЕ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Шема активног управљања дистрибутивном мрежом



Distribution Management System Controller (DMSC)

Регулатор управљања дистрибутивном мрежом

Процењује услове у мрежи и предузима акције управљања напонима и токовима снага.

Добија мерене податке из мреже и шаље управљачке сигнале регулационим уређајима.

Управљачке акције регулатора управљања дистрибуираном мрежом могу бити:

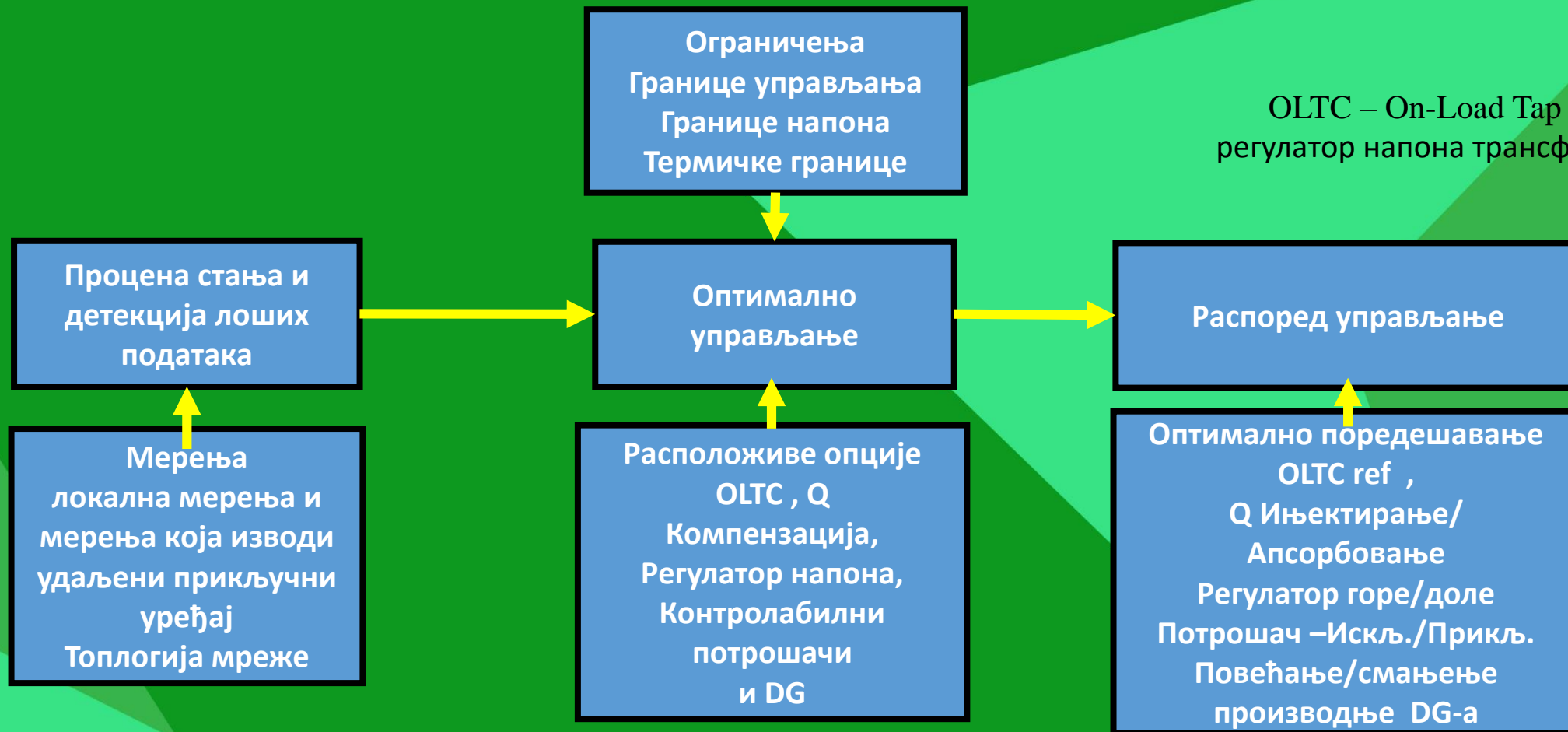
- промена положаја регулатора енергетског трансформатора,
- промена произведене снаге на дистрибуираним генераторима DG,
- Ињектирање или апсорбовање реактивне снаге

Компензација
реактивне снаге

DG дистрибуирани генератор

ПРВЕ ИНИЦИЈАТИВЕ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Архитектура Регулатора управљања дистрибутивном мрежом



OLTC – On-Load Tap Changer –
регулатор напона трансформатора

ПРВЕ ИНИЦИЈАТИВЕ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Архитектура Регулатора управљања дистрибутивном мрежом

Мерења
локална мерења и мерења
која изводи удаљени
прикључни уређај
Топлогија мреже

Мерени подаци су нормално напони, струје потрошача и токови снага из примарних (веће снаге) и секундарних трансформаторских станица. Ова мерења користе се да се израчунају радни услови у мрежи.

DMSC добија ограничен број мерених података у реалном времену, после подешених интервала, а из одређених чворова.

Процена стања и
детекција лоших
података

Естиматор стања користи мерене податке да процени погонске услове у мрежи у функцији ефективних вредности напона, токова снага по водовима и производње ел. снаге.

Ограничења
Границе управљања
Границе напона
Термичке границе

Када су погонски услови у мрежи процењени, управљачки (контролни) алгоритам израчунава да ли су ти услови у задовољавајућим (стандардима дефинисаним) границама.

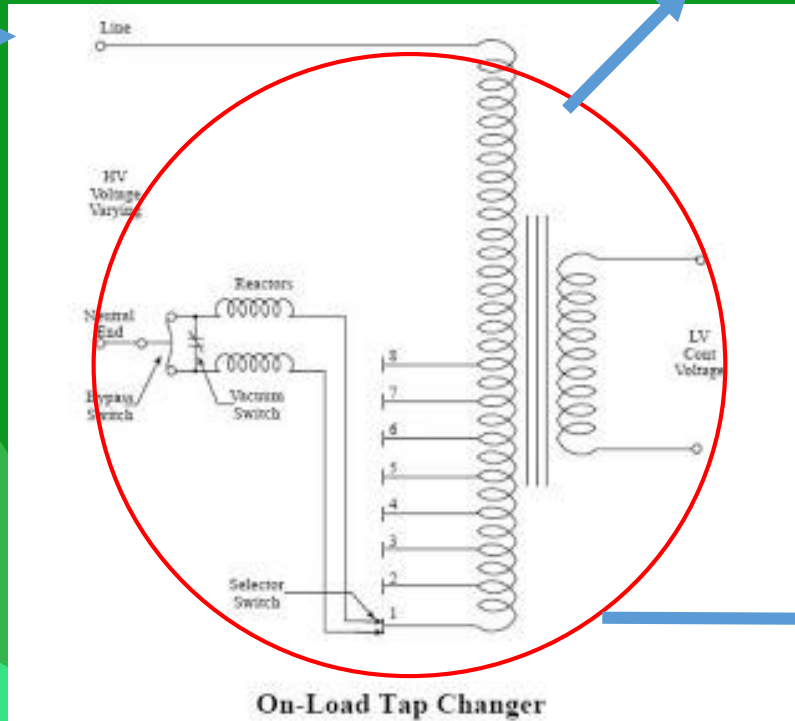
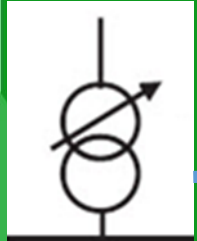
ПРВЕ ИНИЦИЈАТИВЕ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

OLTC – On-Load Tap Changer –

Регулатор напона трансформатора који ради под оптерећењем

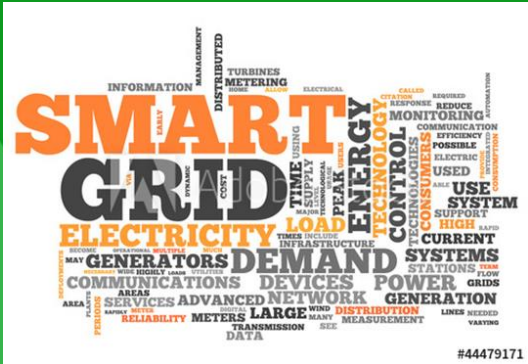
Промена броја навојака на високонапонском намотају трансформатора

Промена преносног односа трансформатора



Трофазни трансформатор 46

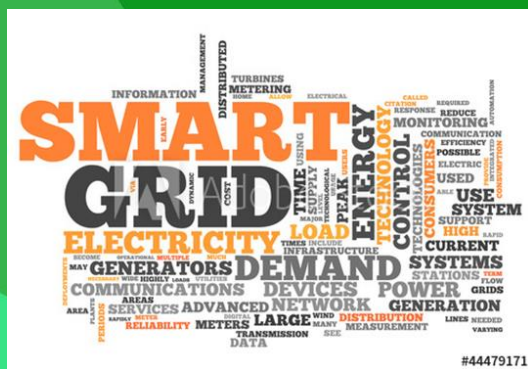
ПАМЕТНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА



ПАМЕТНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА

Паметна електроенергетска мрежа (Smart grid) је паметна, дигитализована електроенергетска мрежа за снабдевање потрошача електричном енергијом на оптималан начин од стране извора електричне енергије.

Ово се може постићи интеграцијом нових информатичких, комуникационих и електроенергетских технологија са постојећим електроенергетским системом.



ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА МРЕЖА БУДУЋНОСТИ



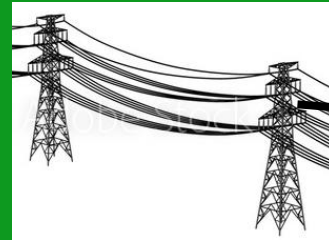
ТРЖИШТЕ



ОПЕРАТЕРИ



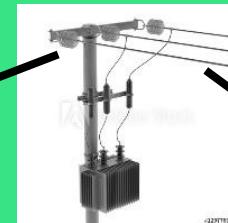
ПРОИЗВОДЊА



ПРЕНОС



ДИСТРИБУЦИЈА



ПОТРОШЊА
+ ПРОИЗВОДЊА

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКА ИНФРАСТРУКТУРА

ПРОТОК ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ У ДВА СМЕРА

КОМУНИКАЦИЈСКА ИНФРАСТРУКТУРА



ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Информационе и комуникационе технологије

- а) двосмерне комуникационе технологије, које треба да омогуће повезаност између различитих компоненти у ЕЕС-у и потрошача;
- б) отворене архитектуре за plug-and-play (утакни-и-користи) кућних апарата, електричних возила и микрогенератора (једноставно прикључивање);
- ц) комуникације, као и потребан софтвер и хардвер који ће клијентима (купцима) пружити више информација, омогућити купцима да они тргују на тржишту енергије, као и да омогуће потрошачима да активно реагују на захтеве оператора система;
- д) софтвер који ће омогућити и одржавати сигурност информација и стандарде који ће да пруже скалабилност и међусобни рад информационих, као и комуникационих система.

ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Очитавање, мерења, управљање и аутоматизација:

а) Паметне електронске уређаје (Intelligent Electronic Devices IED), који треба да обезбеде напредну релејну заштиту, мерење, снимање кварова (напона и струја у свим фазама, при квару), и регистрацију догађаја у ЕЕС-у;



ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Очитавање, мерења, управљање и аутоматизација:

b) Јединица за мерење фазора (ефективне вредности и фазног става) – **Phasor Measurement Units (PMU)** i Wide Area Monitoring, Protection and Control (WAMPAC) - надгледање широких области, заштита и управљање, како би се обезбедила сигурност ЕЕС-а;

PMU уређаји су мерни инструменти који поред модула мере и угао наизменичне величине.



ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Очитавање, мерења, управљање и аутоматизација:

с) интегрисани (уграђени) сензори, мерења, управљачки и аутоматски системи, као и информационе и комуникационе технологије, који треба да обезбеде брзу дијагнозу и правовремени одзив на различите догађаје у енергетском систему. Ово ће омогућити напредно управљање и ефикаснији рад компоненти електроенергетског система, како би се олакшали проблеми загушења преноса електричне енергије у преносној и дистрибутивној мрежи. Такође, спречиће се или на најмању меру смањити могући испади елемената система, а омогућиће се аутоматско деловање (реконфигурација мреже – преусмеравање ел. снаге другим путем) када се захтевају брзе реакције на догађаје у мрежи (кварови, преоптерећења).



ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Очитавање, мерења, управљање и аутоматизација:

d) паметни кућни апарати, комуникације, управљање и надгледање, да се максимизује сигурност, комфор, погодности и уштеда енергије у домовима;



ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Очитавање, мерења, управљање и аутоматизација:

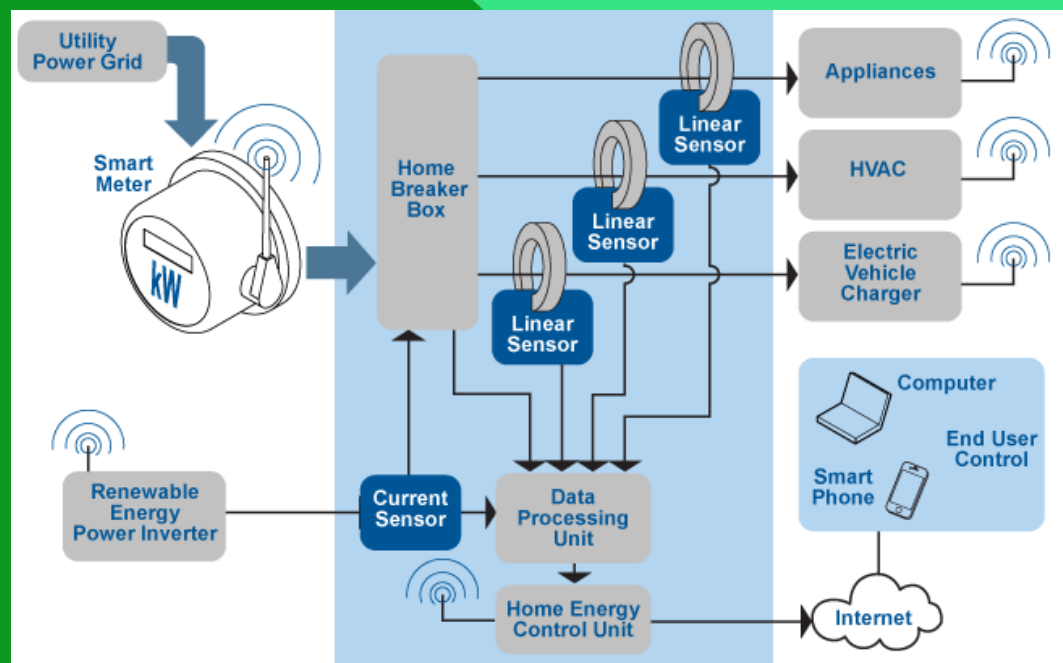
d) паметни кућни апарати, комуникације, управљање и надгледање, да се максимизује сигурност, комфор, погодности и уштеда енергије у домовима;



ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Очитавање, мерења, управљање и аутоматизација:

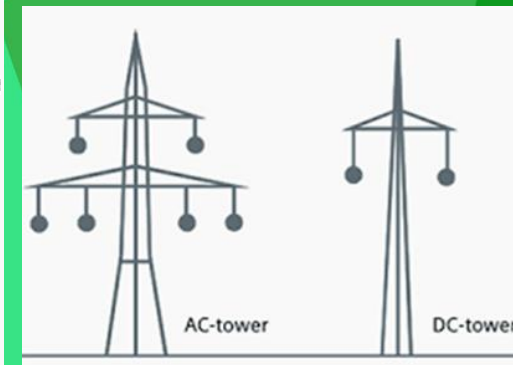
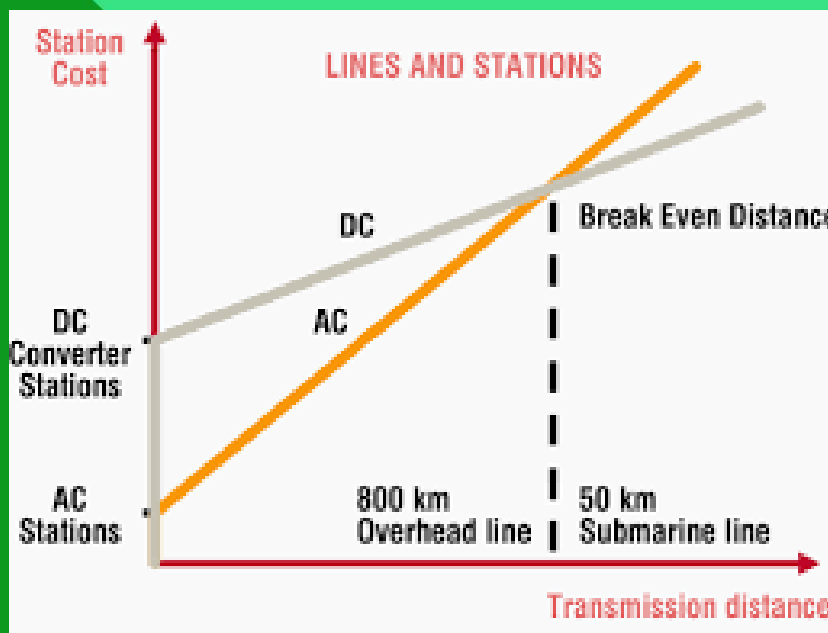
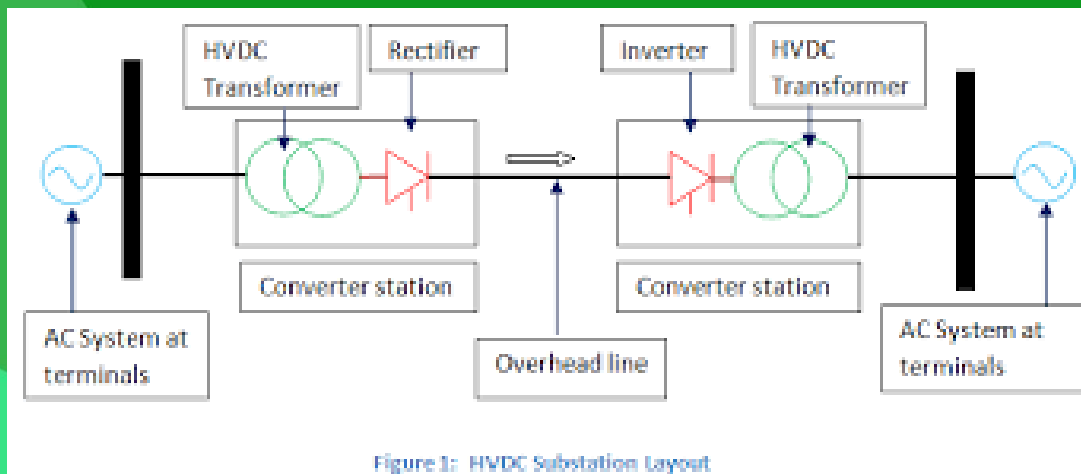
е) Паметна бројила електричне енергије, комуникације, приказивање података и одговарајући софтвер, како би се омогућило купцима да имају већи избор и управљање над употребом електричне енергије и гаса.



ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Енергетска електроника и складиштење електричне енергије:

а) High Voltage DC (HVDC) – пренос електричне енергије једносмерним високим напоном (због мањих губитака електричне снаге и због загревања)



ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Енергетска електроника и складиштење електричне енергије:

а) High Voltage DC (HVDC) – пренос електричне енергије једносмерним високим напоном (због мањих губитака електричне снаге и због загревања)



ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Енергетска електроника и складиштење електричне енергије:

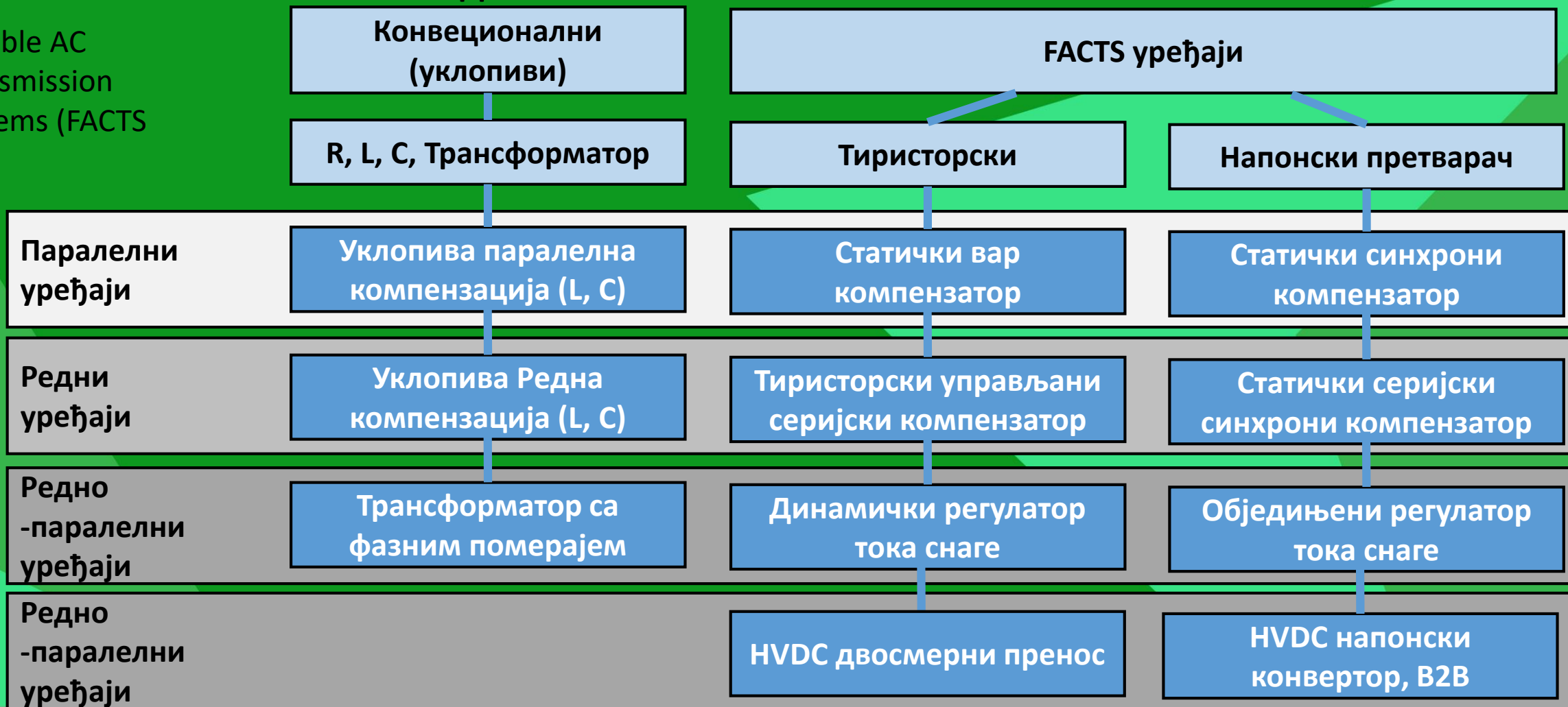
а) Flexible AC Transmission Systems (FACTS) – флексибилни преносни систем наизменичне струје, како би се омогућио пренос ел. снаге на велику даљину, као и интеграцију (увођење) извора који користе обновљиве енергије.

FACTS уређаји се могу поделити према врсти прикључка на преосну мрежу на:

1. Серијске уређаје
2. Попречне уређаје
3. Комбиниране серијско-серијске уређаје
4. Комбиниране серијско-попречне уређаје

ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Flexible AC
Transmission
Systems (FACTS)



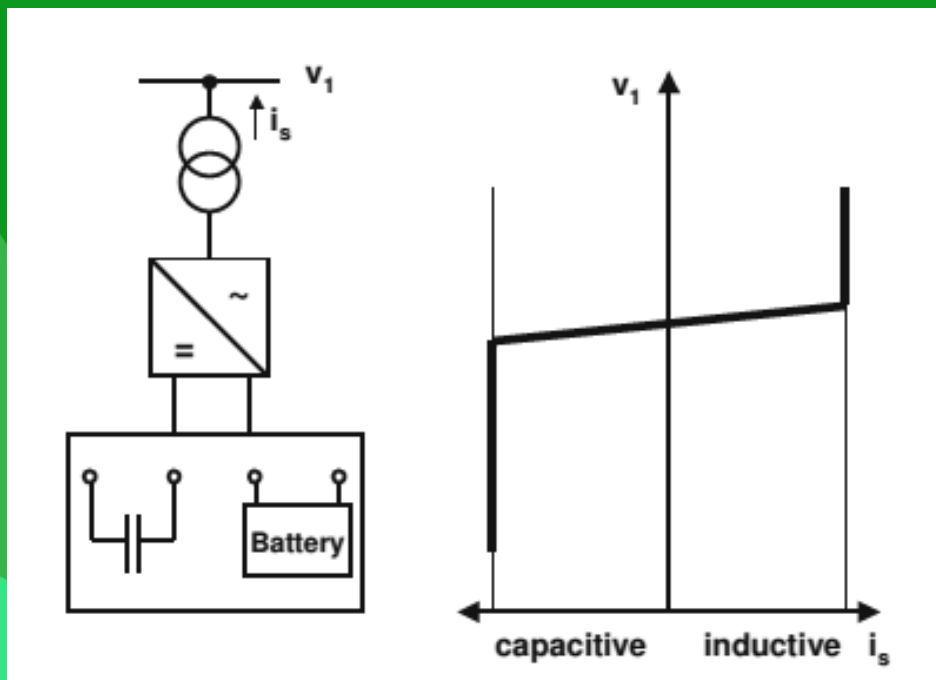
ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Попречни уређај

Flexible AC Transmission Systems (FACTS)

Статички синхрони компензатор

Static synchronous compensator (STATCOM),



Voltage Source Converter - STATCOM

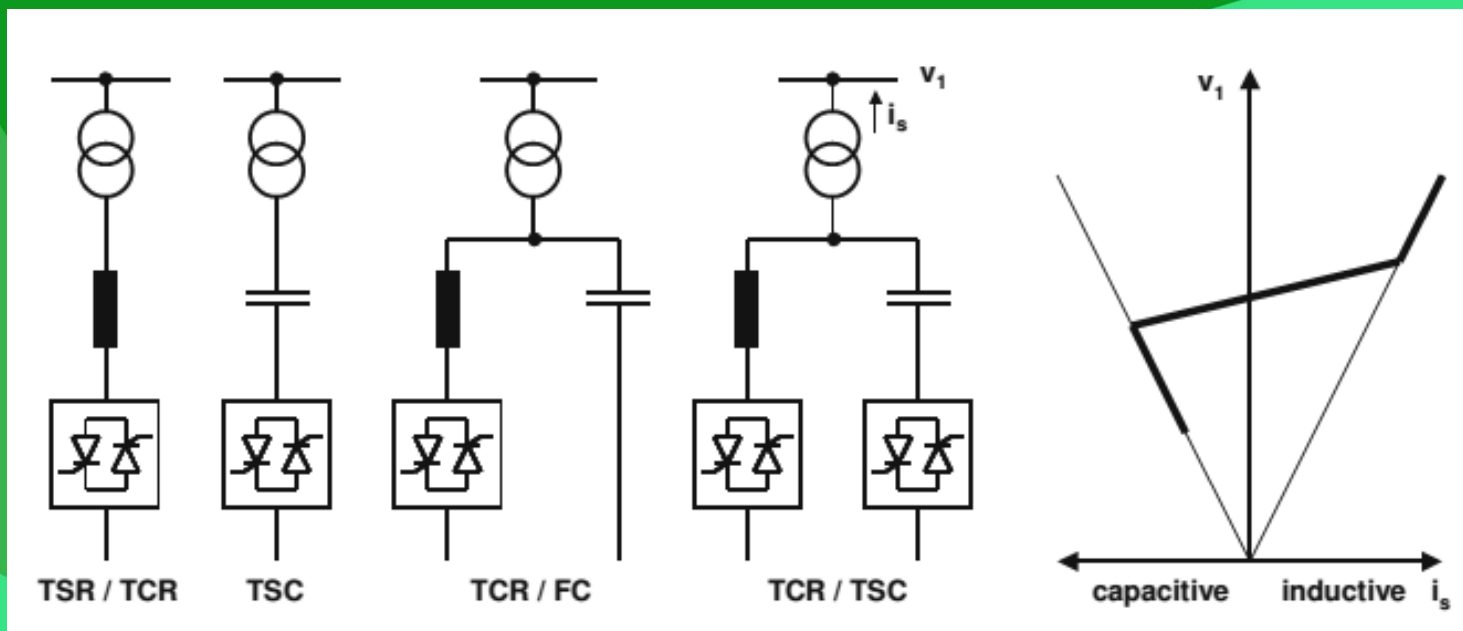
STATCOM - STATIC COMPENSATOR

ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Попречни уређај

Flexible AC Transmission Systems (FACTS)

Статички вар компензатор (eng. SVC, Static Var Compensator)



(TSC) - Thyristor Switched Capacitors

(TSR / TCR) - Thyristor Switched or Controlled Reactors

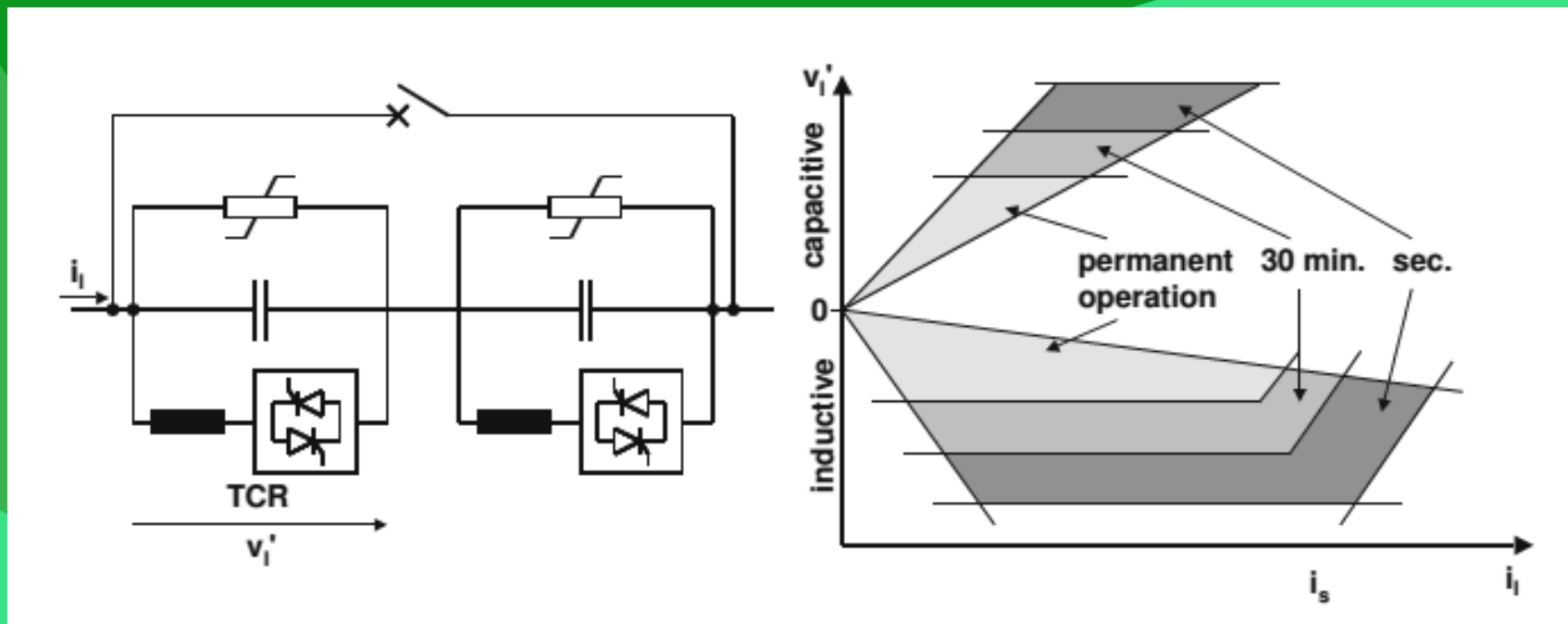
ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Flexible AC Transmission Systems (FACTS)

Редни уређај

Тиристорски управљани редни компензатор

Thyristor Controlled Series Capacitors (TCSC)



ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Flexible AC Transmission Systems (FACTS)

Редни уређај

SSSC, Static Synchronous Series Compensator

Редни напонски извор

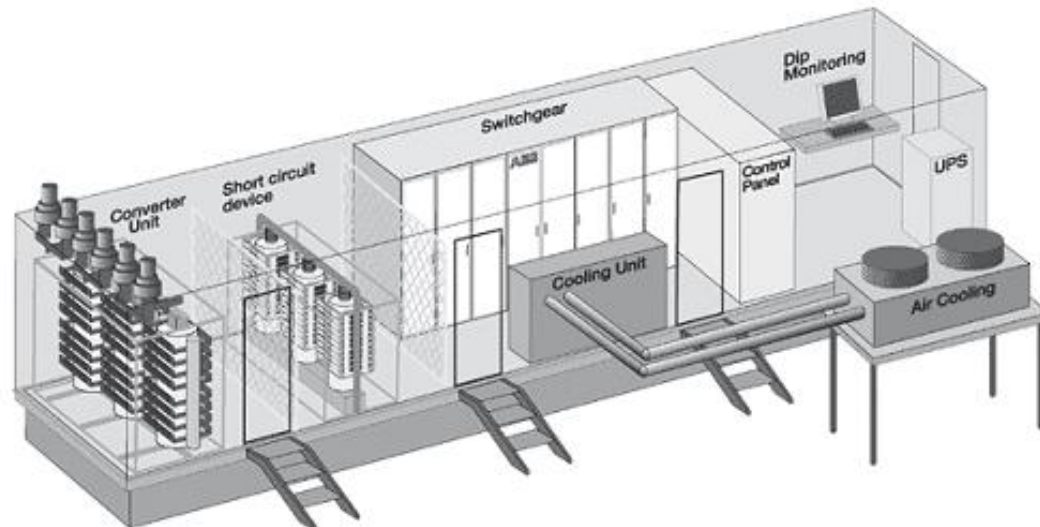
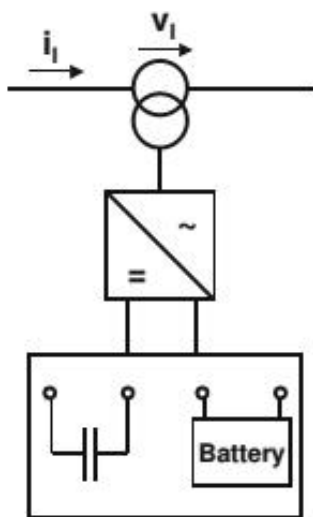
Статички синхрони редни компензатор

Dynamic Voltage Restorer (DVR).

Динамичка регулација напона

Одржава константни ниво напона

SSSC



Може произвести синусни напон одређене фреквенције и контролисане амплитуде и фазног става

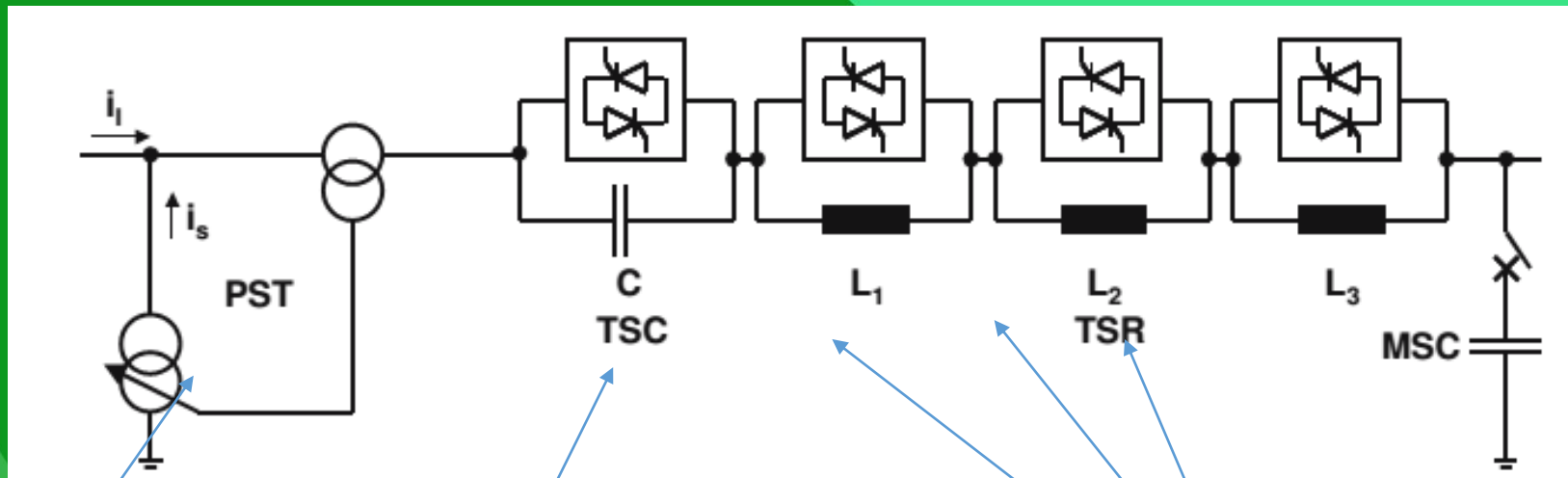
ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Flexible AC Transmission Systems (FACTS)

Паралелно-редни уређај

Динамички регулатор тока снаге

Dynamic Power Flow Controller (DFC)



(TSC) - Thyristor Switched Capacitors

(TSR / TCR) - Thyristor Switched or Controlled Reactors

Трансформатор са фазним померајем

ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

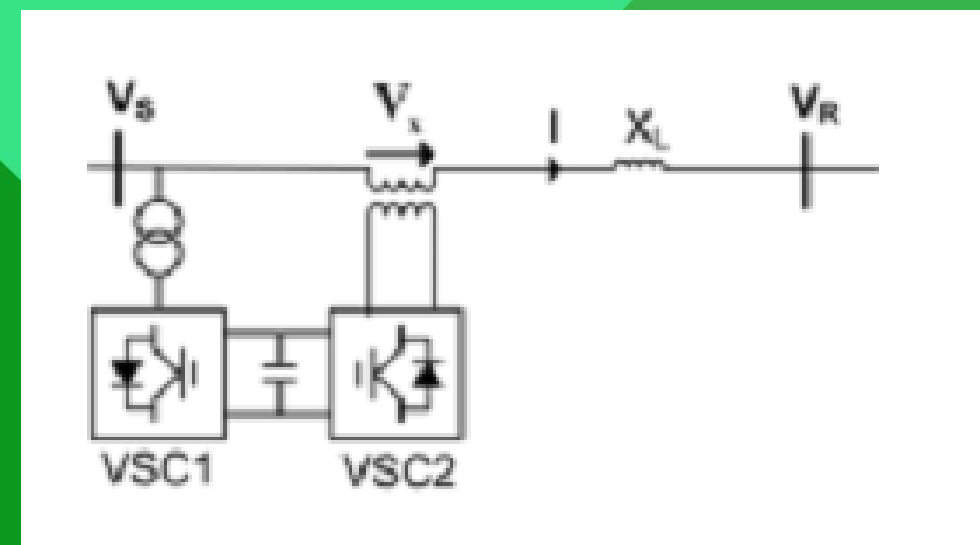
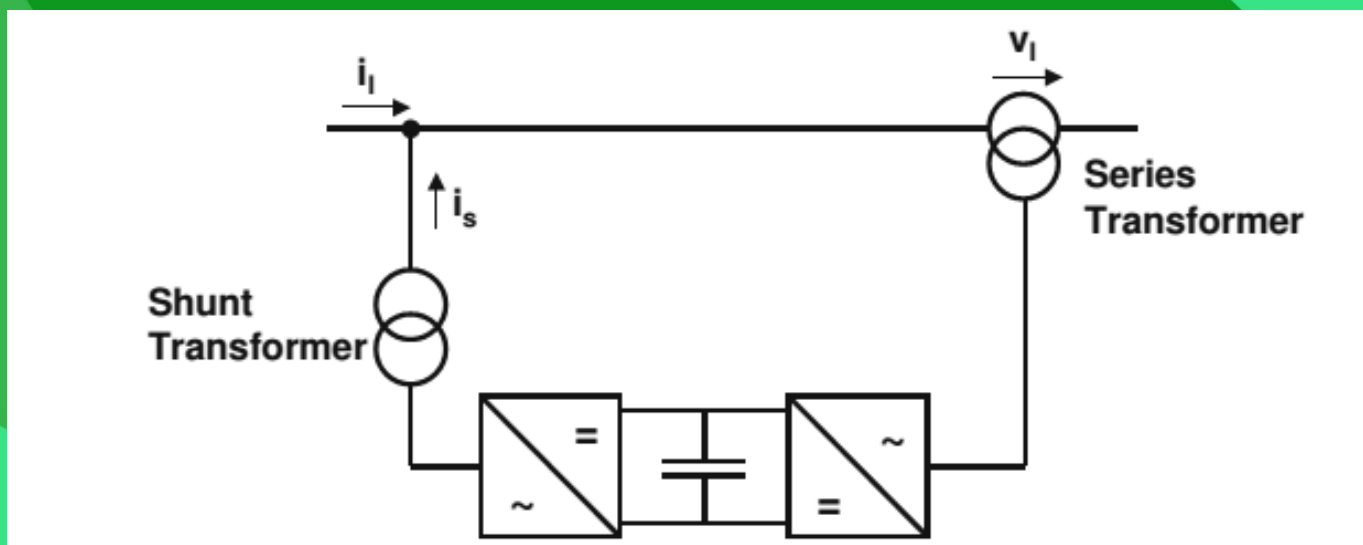
Flexible AC Transmission Systems (FACTS)

Пример комбинованог серијско-попречног уређаја

Обједињени регулатор тока снаге

Unified power flow controller

UPFC

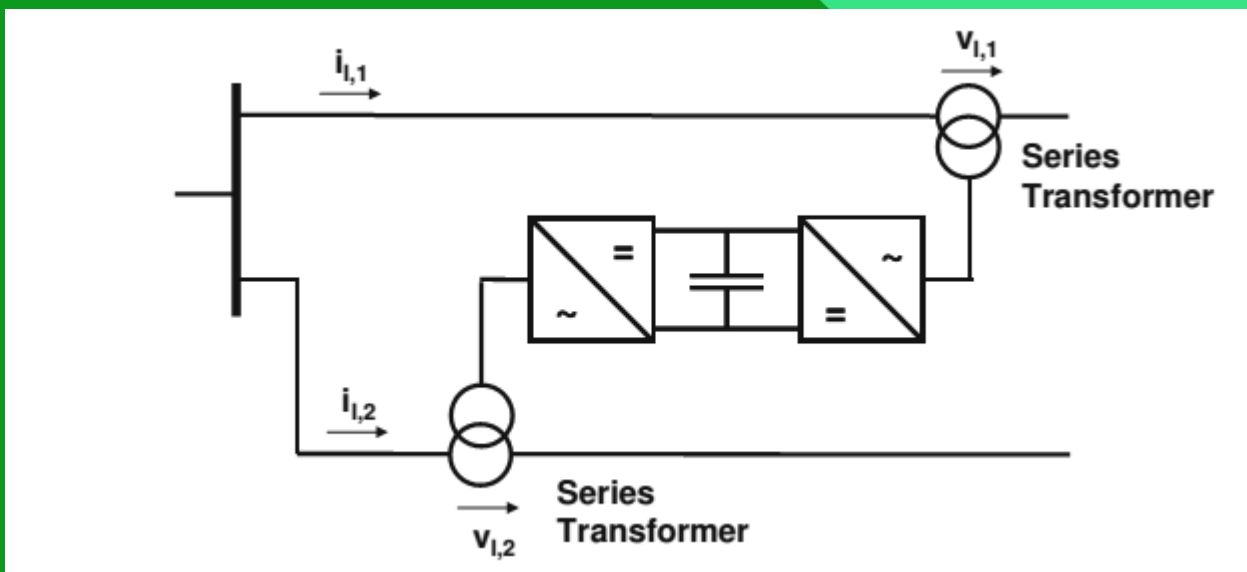


ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Flexible AC Transmission Systems (FACTS)

Пример комбинованог серијско-попречног уређаја

Међудалеководни регулатор тока снаге Interline Power Flow Controller IPFC



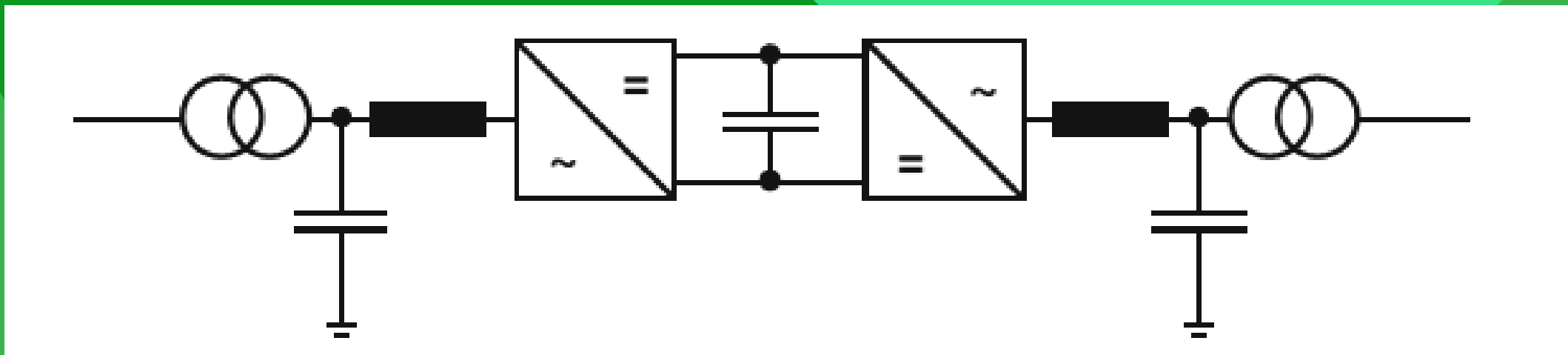
Садржи два редно везана напонска претварача који су спрегнути са заједничким кондензатором

ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

Flexible AC Transmission Systems (FACTS)

HVDC напонски конвертор, B2B

HVDC Back-to-Back with Voltage Source Converters.



Два статичка синхрона компензатора

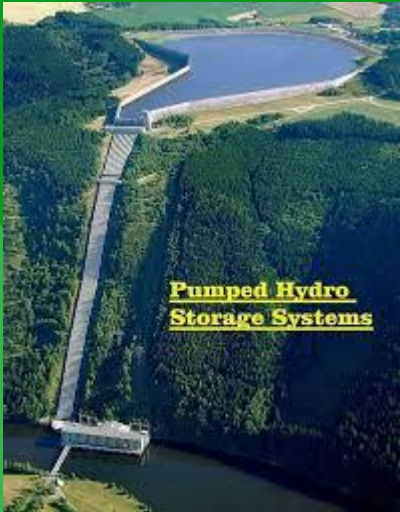
2 x STATCOM

ПРЕГЛЕД ТЕХНОЛОГИЈА ПОТРЕБНИХ ЗА ПАМЕТНЕ МРЕЖЕ

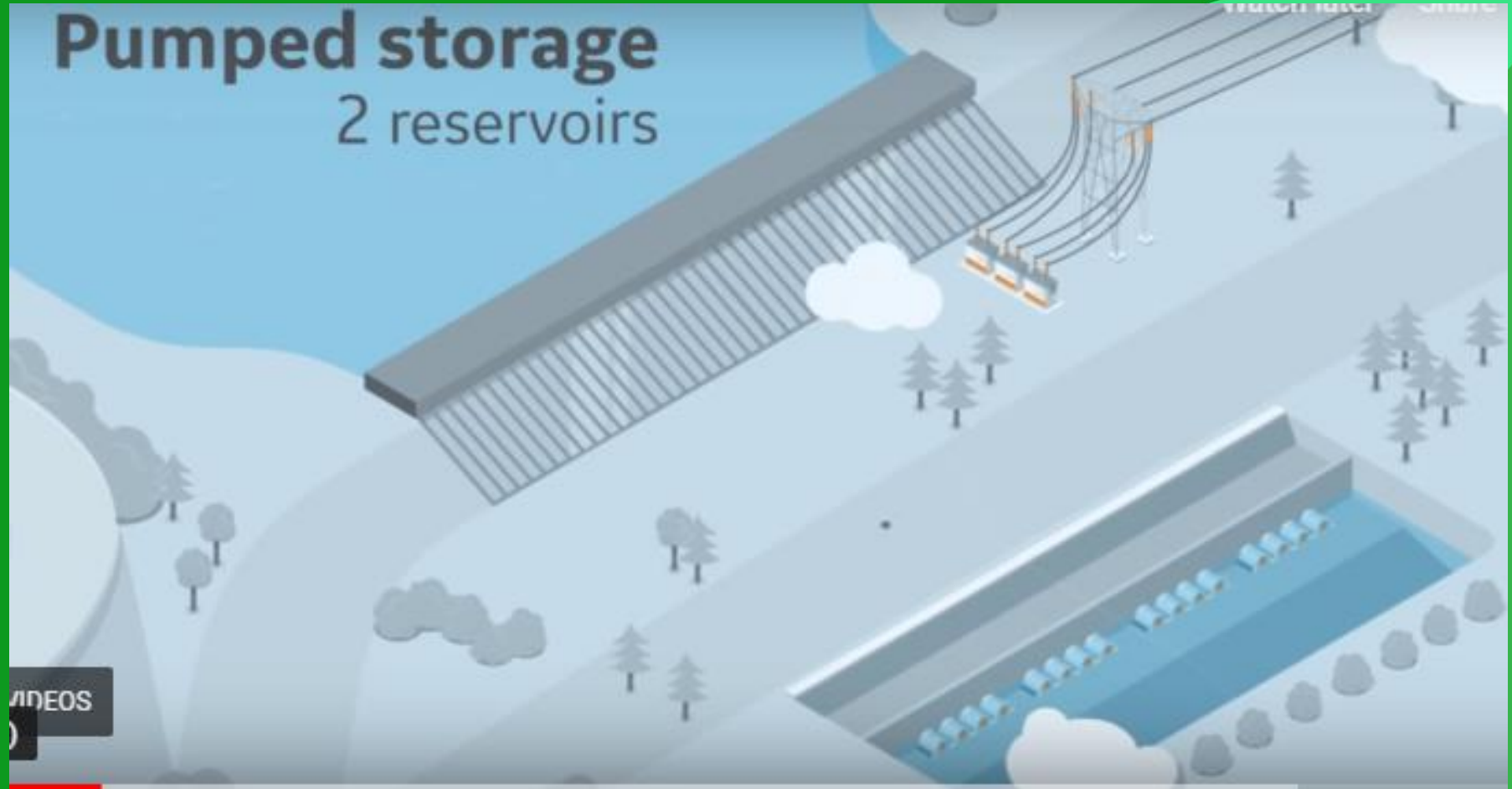
Енергетска електроника и складиштење електричне енергије:

- b) различити спојеви уређаја енергетске електронике, како би се обезбедило ефикасно прикључење обновљивих извора енергије и складишта енергије;
- c) серијски (редни) кондензатори Unified Power Flow Controllers (UPFC) – контролери токова снага, као и други FACTS уређаји, који треба да обезбеде боље управљање токовима снага у мрежи;
- d) HVDC, FACTS и активни филтри заједно са интегрисаном (уграђеном, већ повезаном) опремом за комуникације и управљање, како би се побољшали флексибилност, поузданост напајања и квалитет ел. енергије;
- e) интерфејси енергетске електронике (уређаји који повезују обновљиве изворе са мрежом) и уграђена комуникација и управљање, како би се помогло да рад система буде исправан, контролисањем обновљивих извора, складишта енергије и потрошње;
- f) складиштење енергије, да се обезбеди већа флексибилност и поузданост ЕЕС-а.

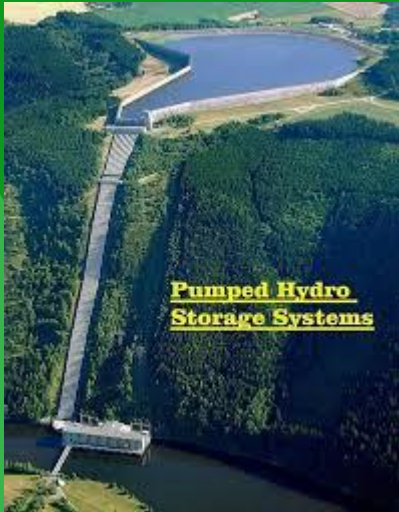
Складиштење енергије - Реверзибилна ХЕ



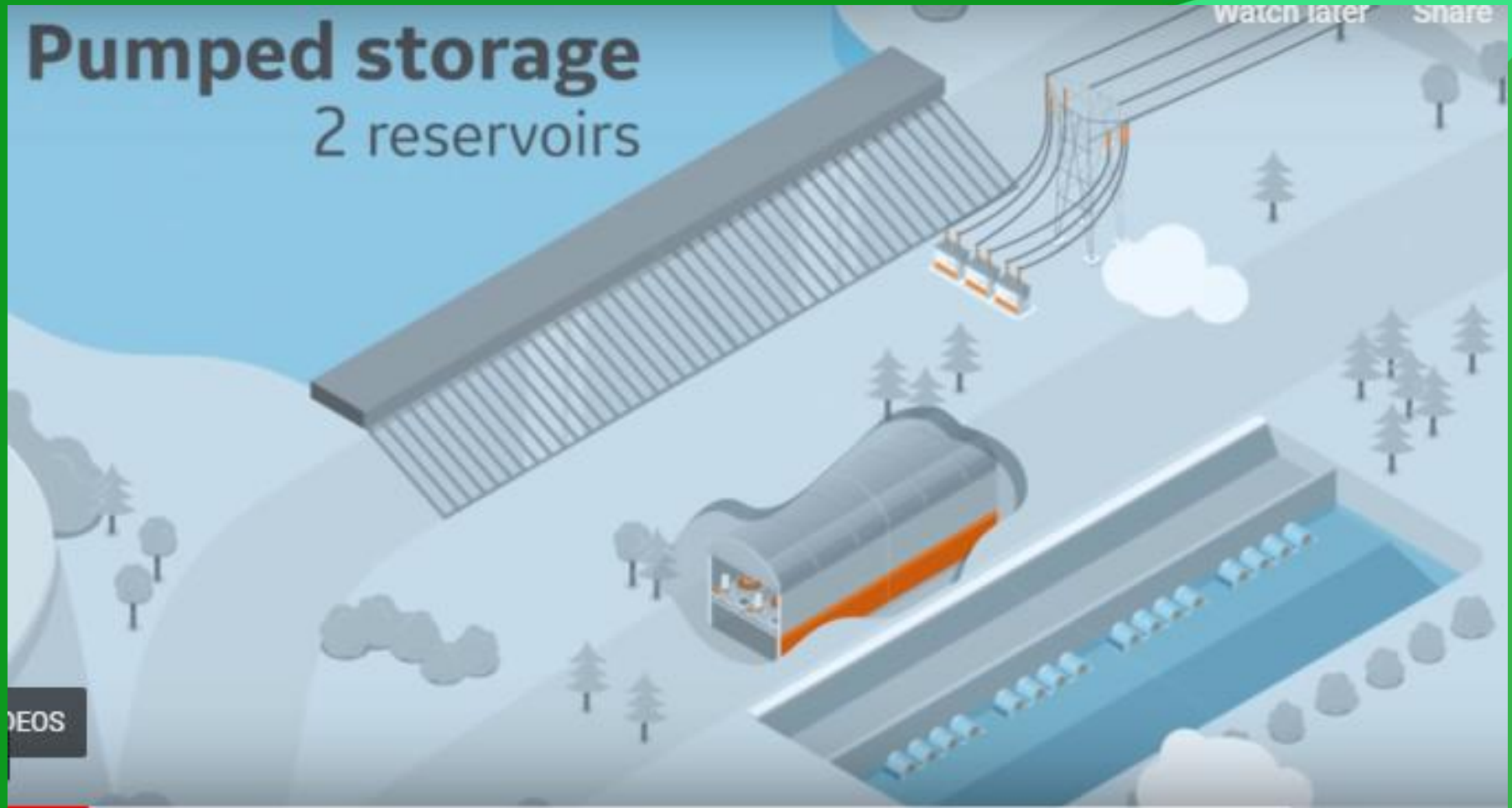
Реверзибилна
хидро електрана



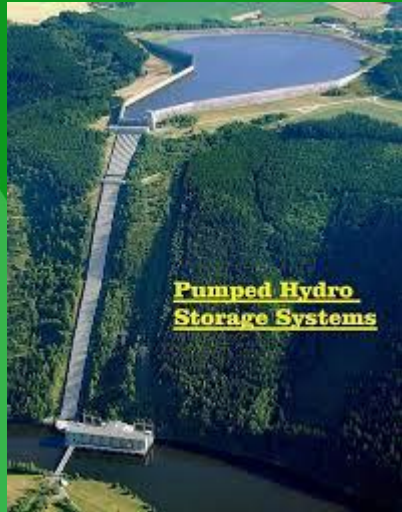
Складиштење енергије - Реверзибилна ХЕ



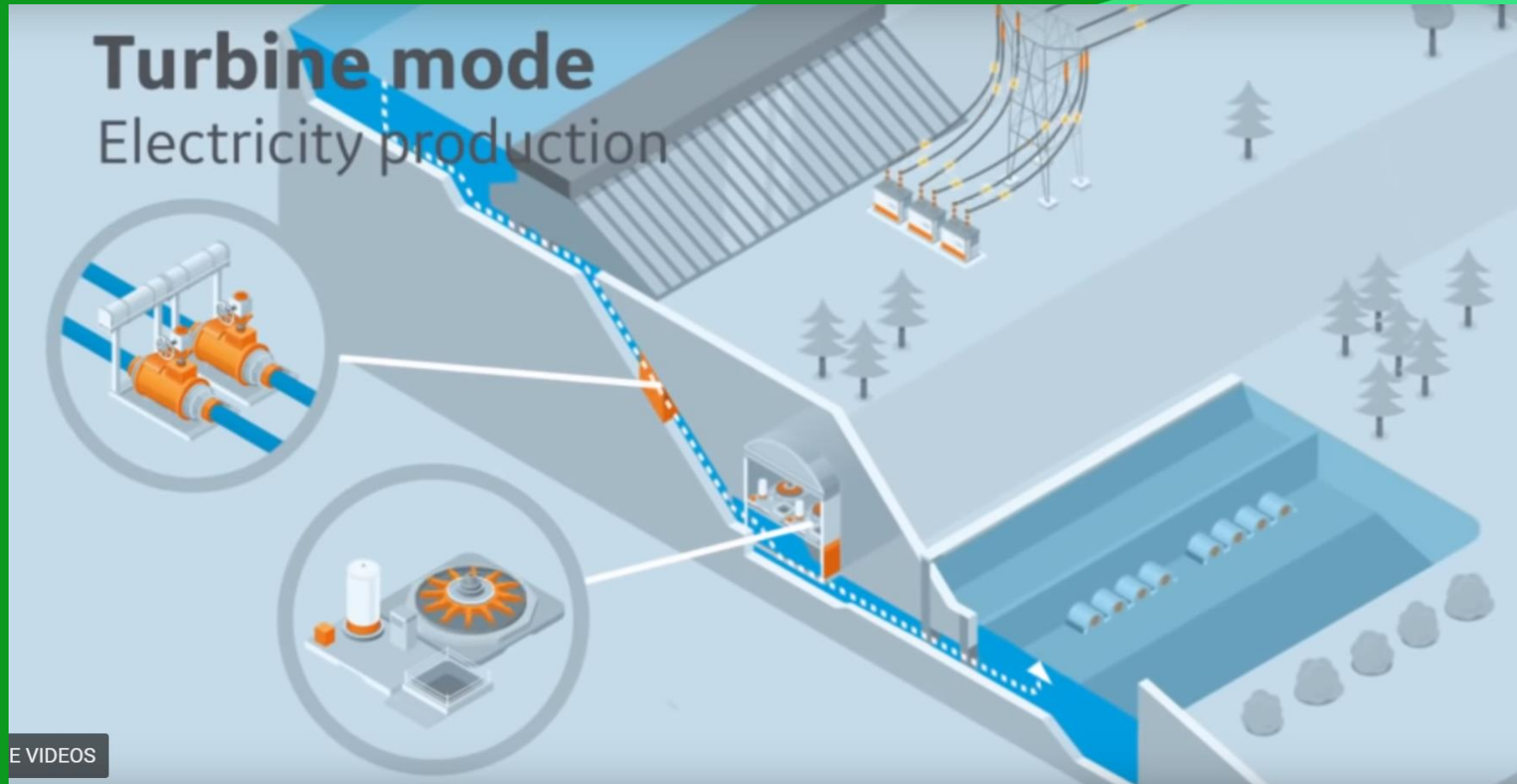
Реверзибилна
хидро електрана



Складиштење енергије - Реверзибилна ХЕ

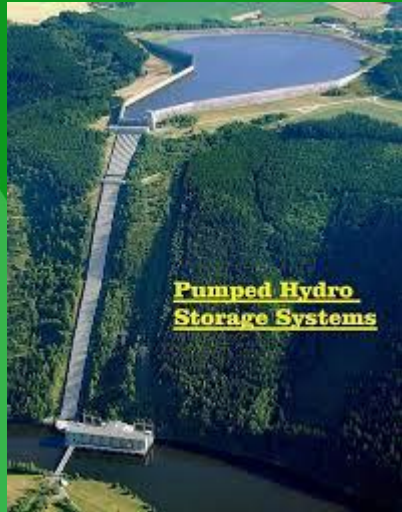


Реверзибилна
хидро електрана

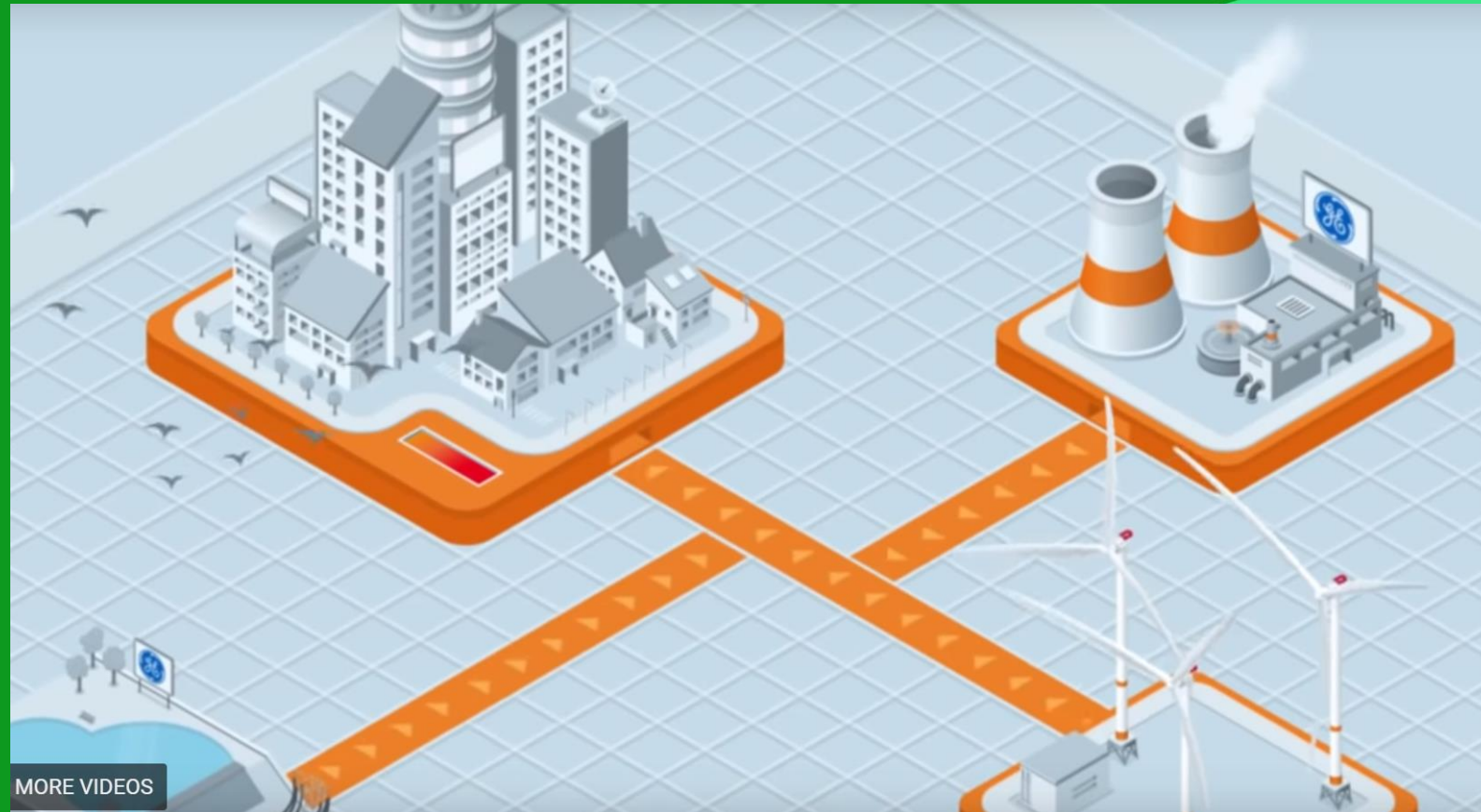


SEE VIDEOS

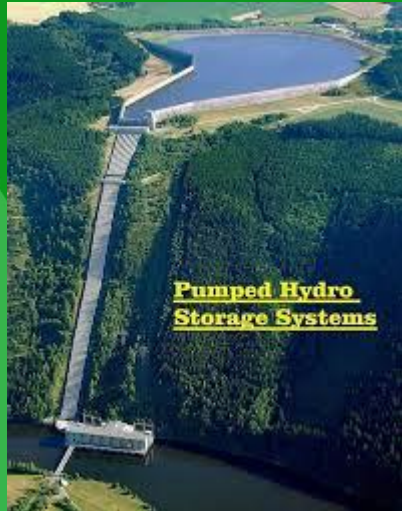
Складиштење енергије - Реверзибилна ХЕ



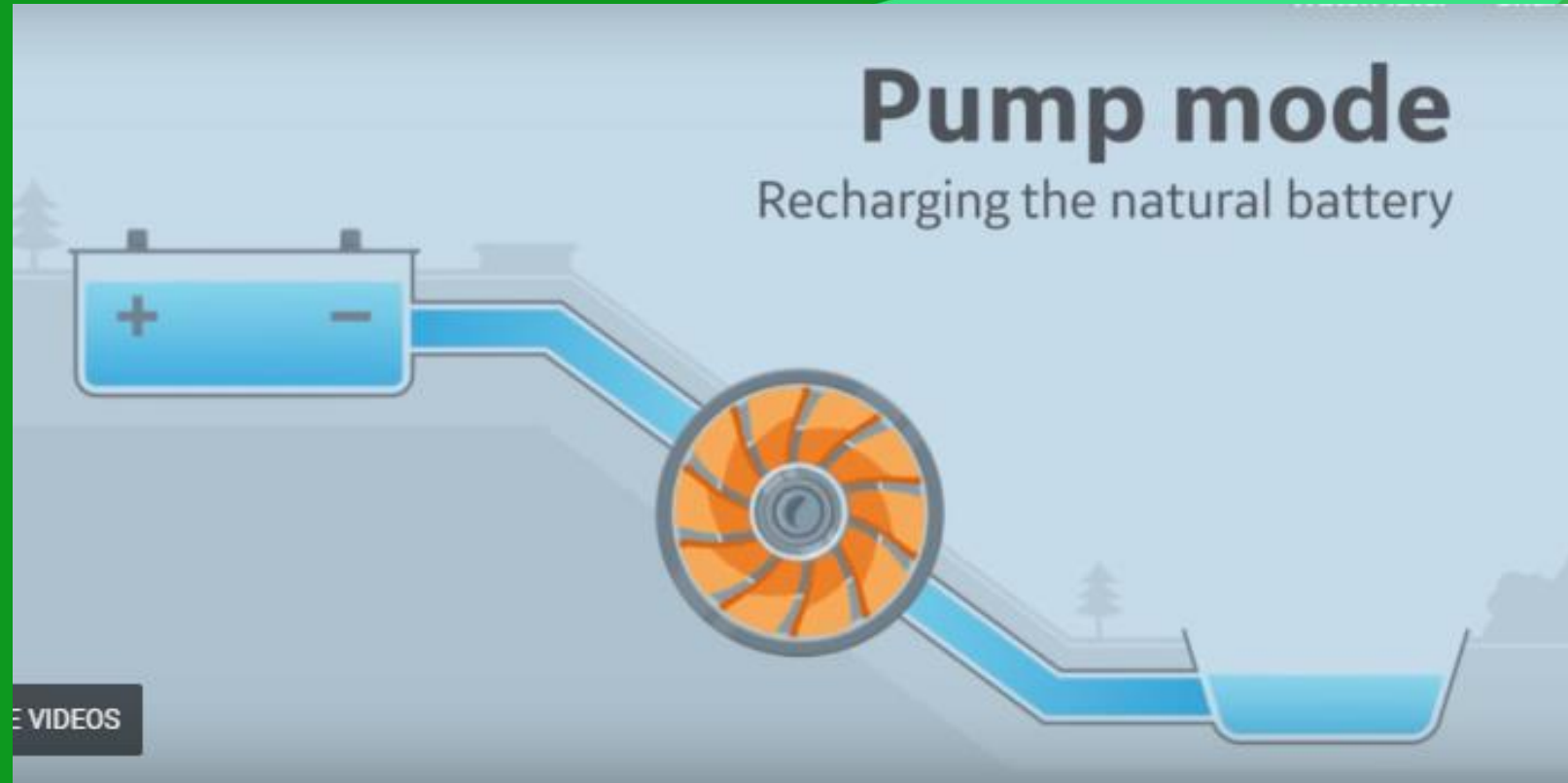
Реверзибилна
хидро електрана



Складиштење енергије - Реверзибилна ХЕ

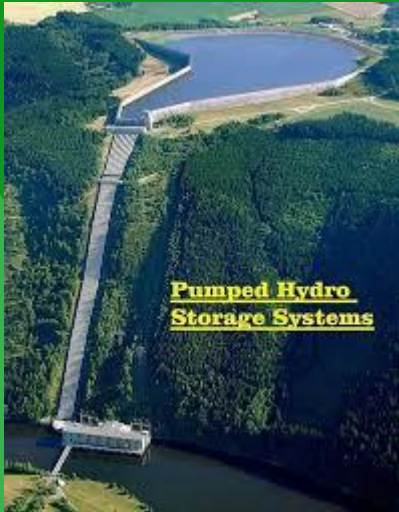


Реверзибилна
хидро електрана

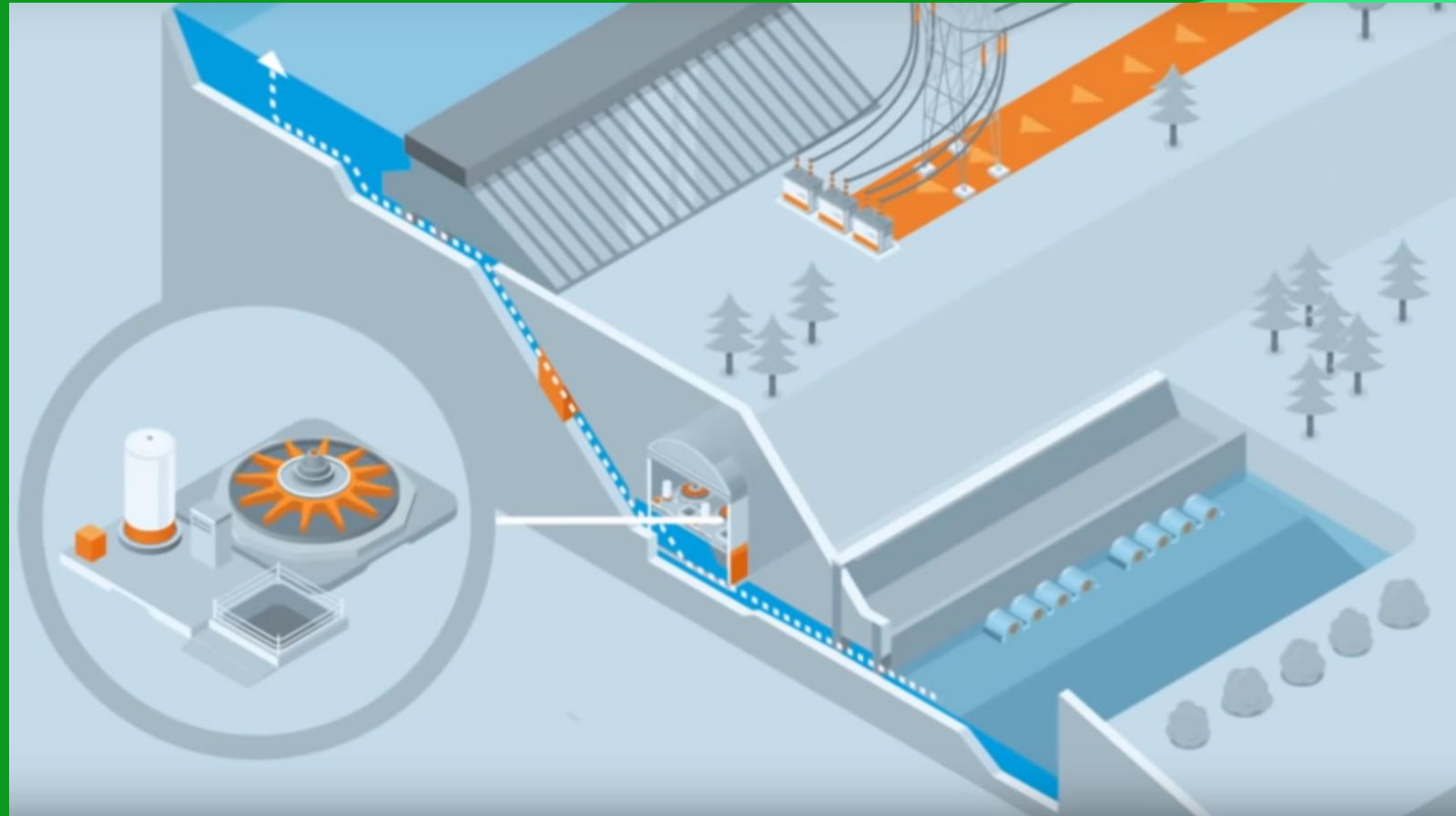


VIDEOS

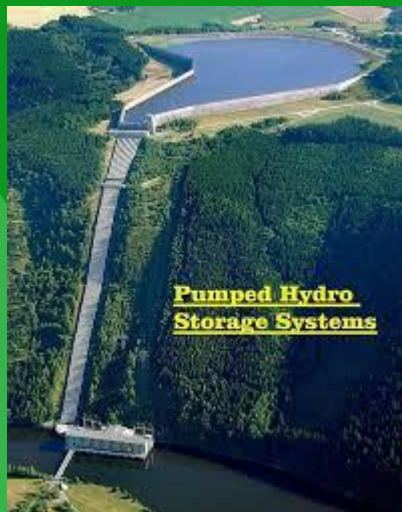
Складиштење енергије - Реверзибилна ХЕ



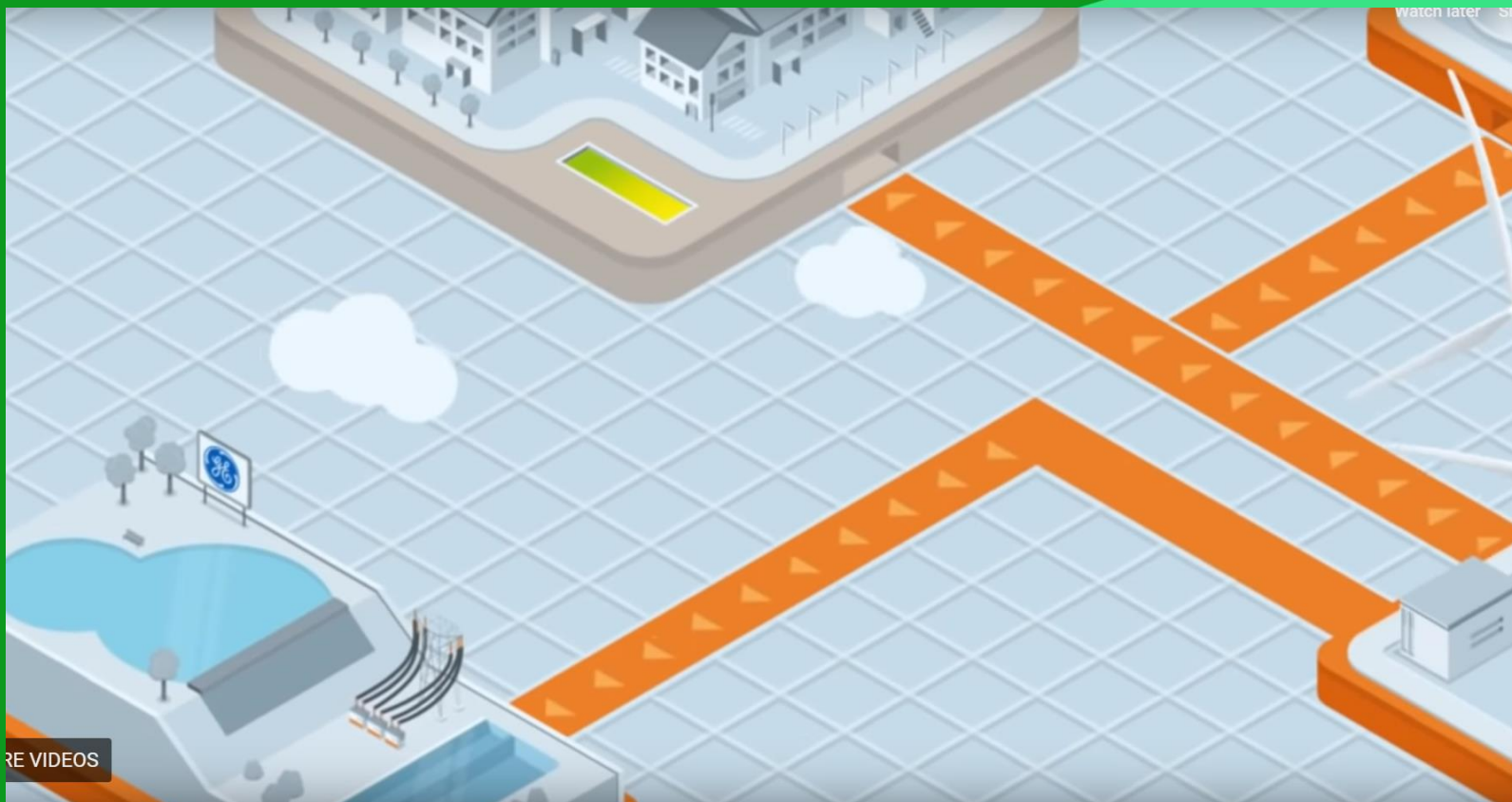
Реверзибилна
хидро електрана



Складиштење енергије - Реверзибилна ХЕ

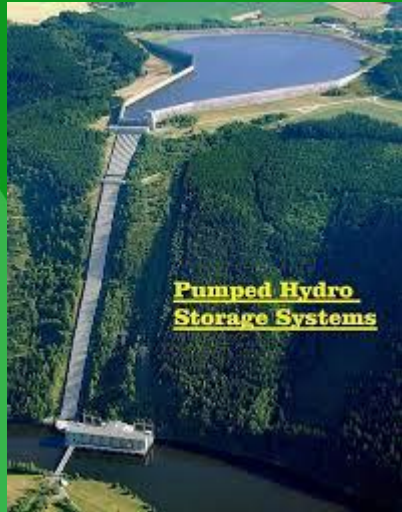


Реверзибилна
хидро електрана

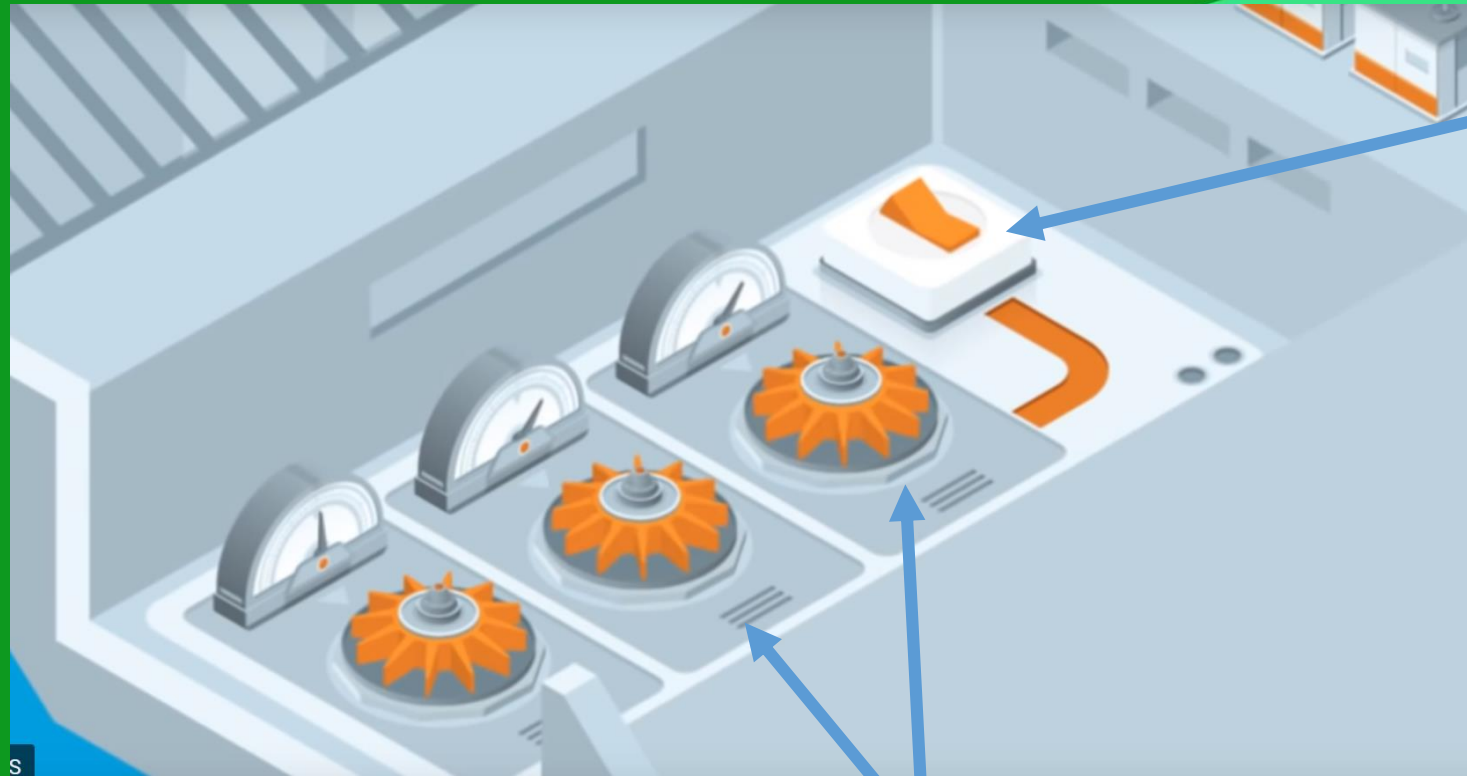


RE VIDEOS

Складиштење енергије - Реверзибилна ХЕ



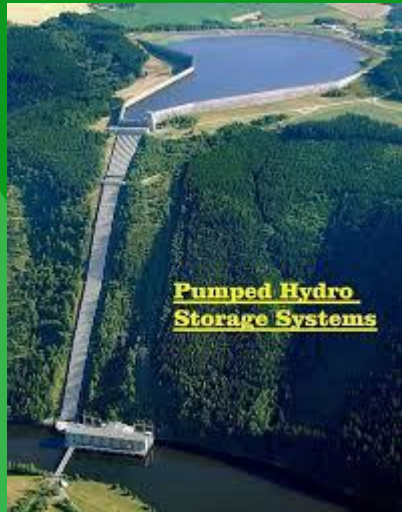
Реверзибилна
хидро електрана



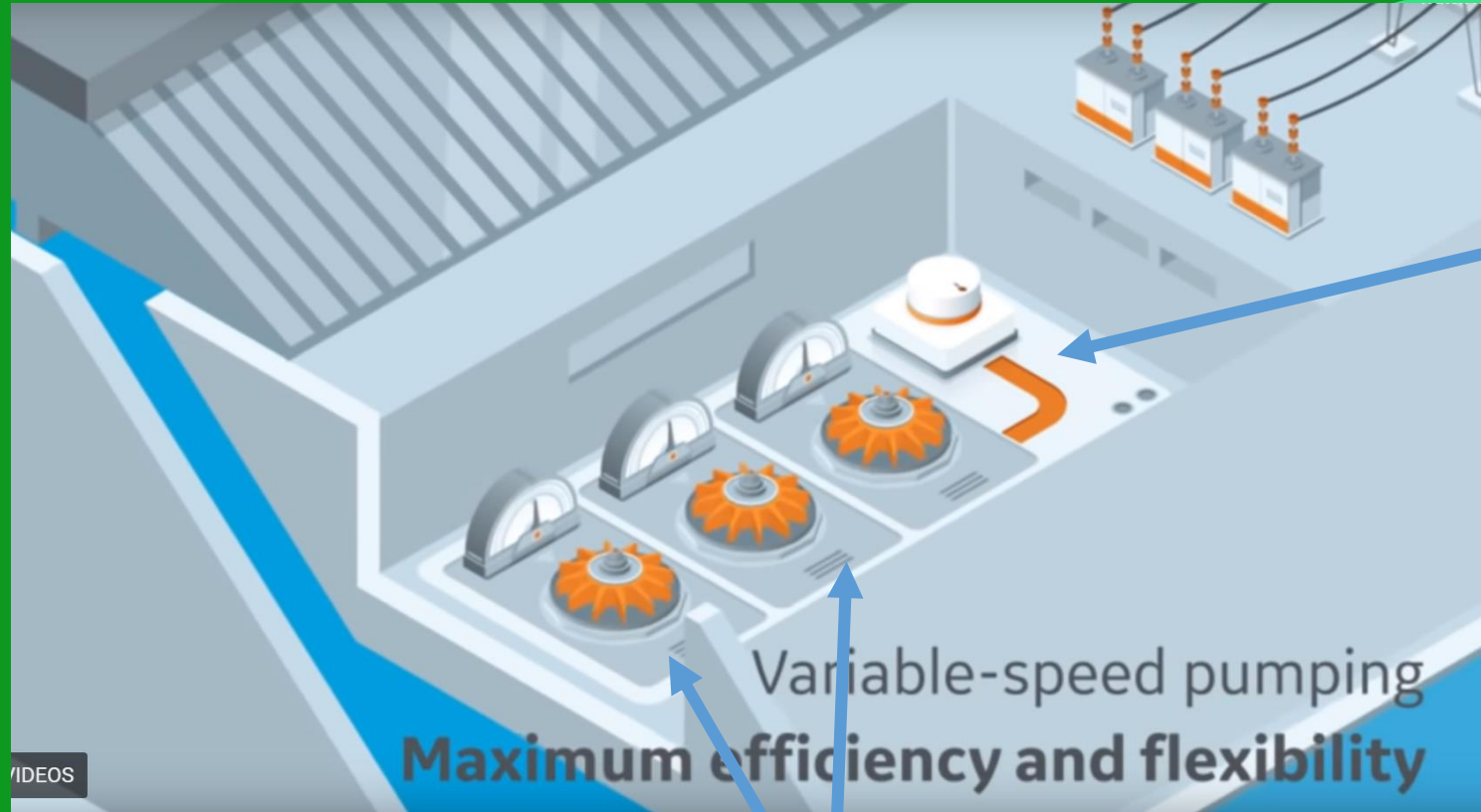
Прекидач
– Старт / Стоп

Фиксна брзина мотора
Пуна брзина, пуна снага мотора

Складиштење енергије - Реверзибилна ХЕ



Реверзибилна
хидро електрана



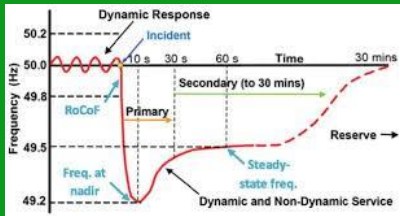
Претвараач
напона и
учестаности

Променљива брзина мотора, Брзина мања од називне
Снага мања од називне снаге

Складиштење енергије - Батеријско постројење

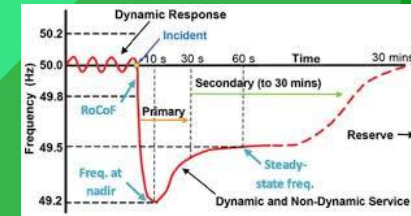
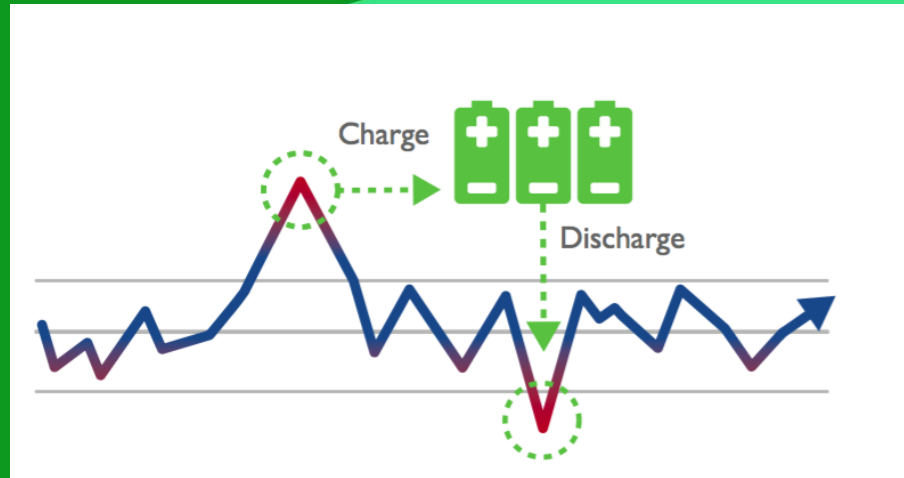
Мали генератори као секундарна резерва снаге!?

Одговор, НЕ!



Складишта енергије, батеријско постројење као резерва снаге?

Одговор, ДА!



Складиштење енергије - Батеријско постројење



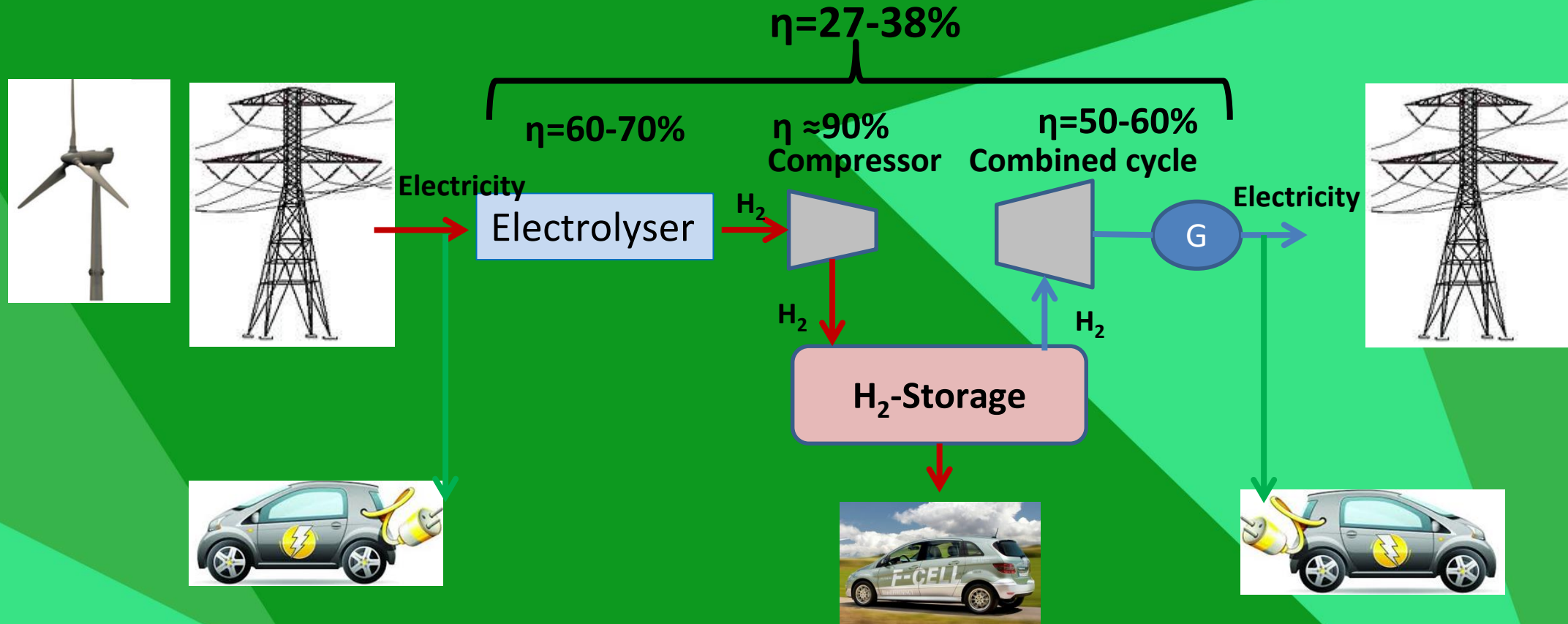
Складиштење енергије - Батеријско постројење



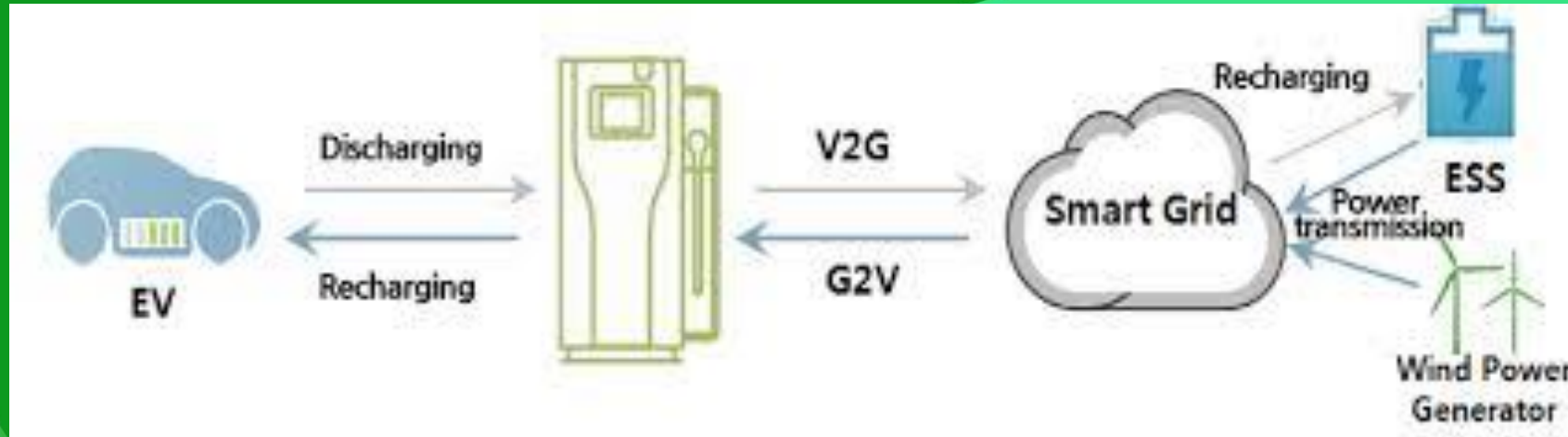
Складиштење енергије - Батеријско постројење



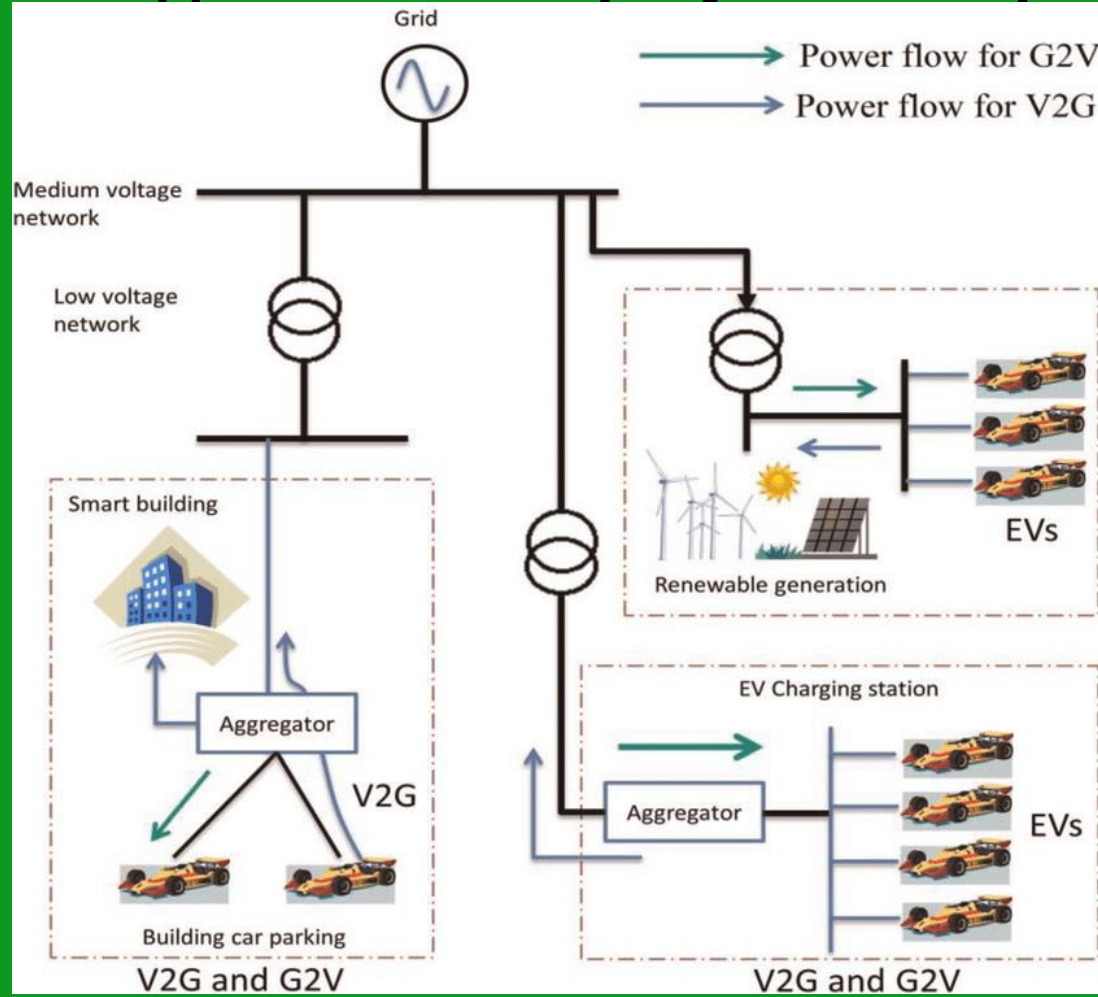
Складиштење енергије - Водоник H₂



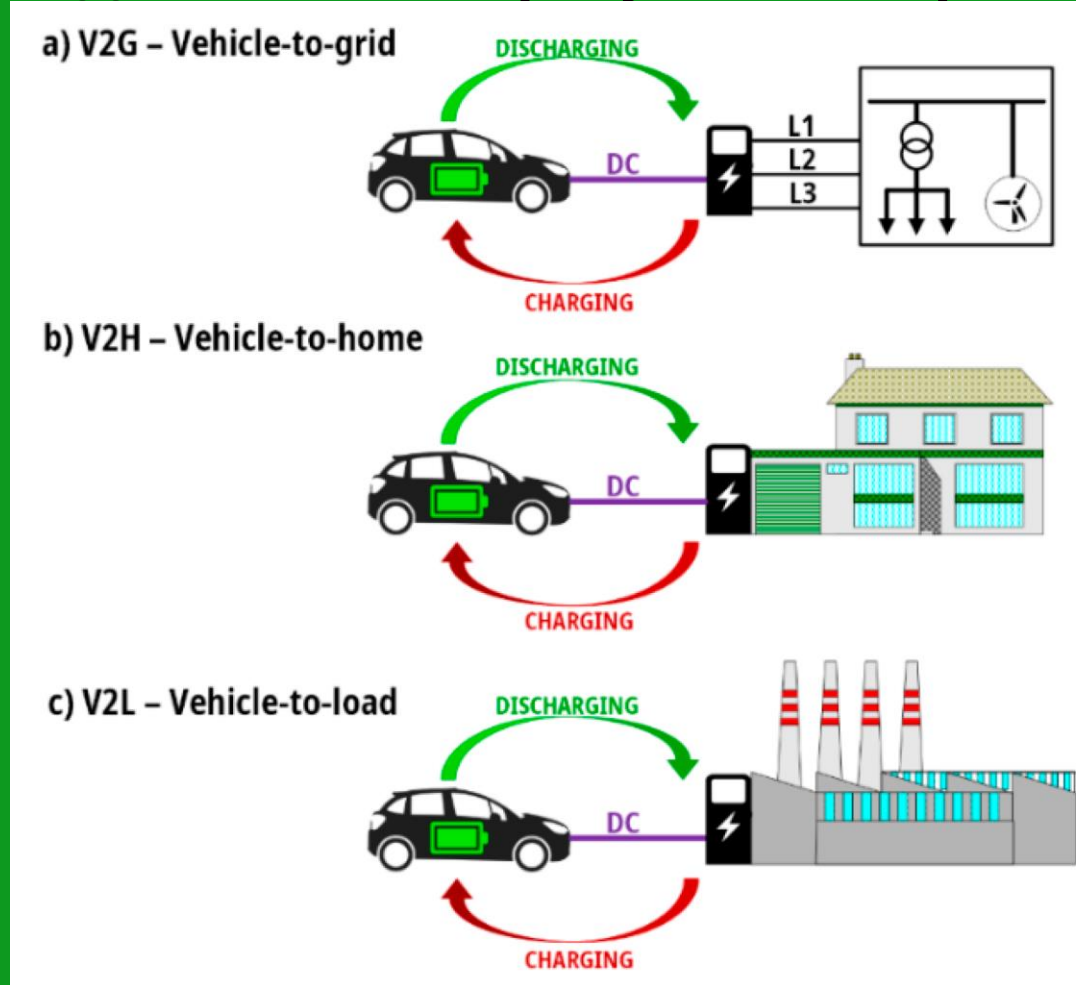
Складиштење енергије - Електровозила



Складиштење енергије - Електровозила



Складиштење енергије - Електровозила



Складиштење енергије - Електровозила

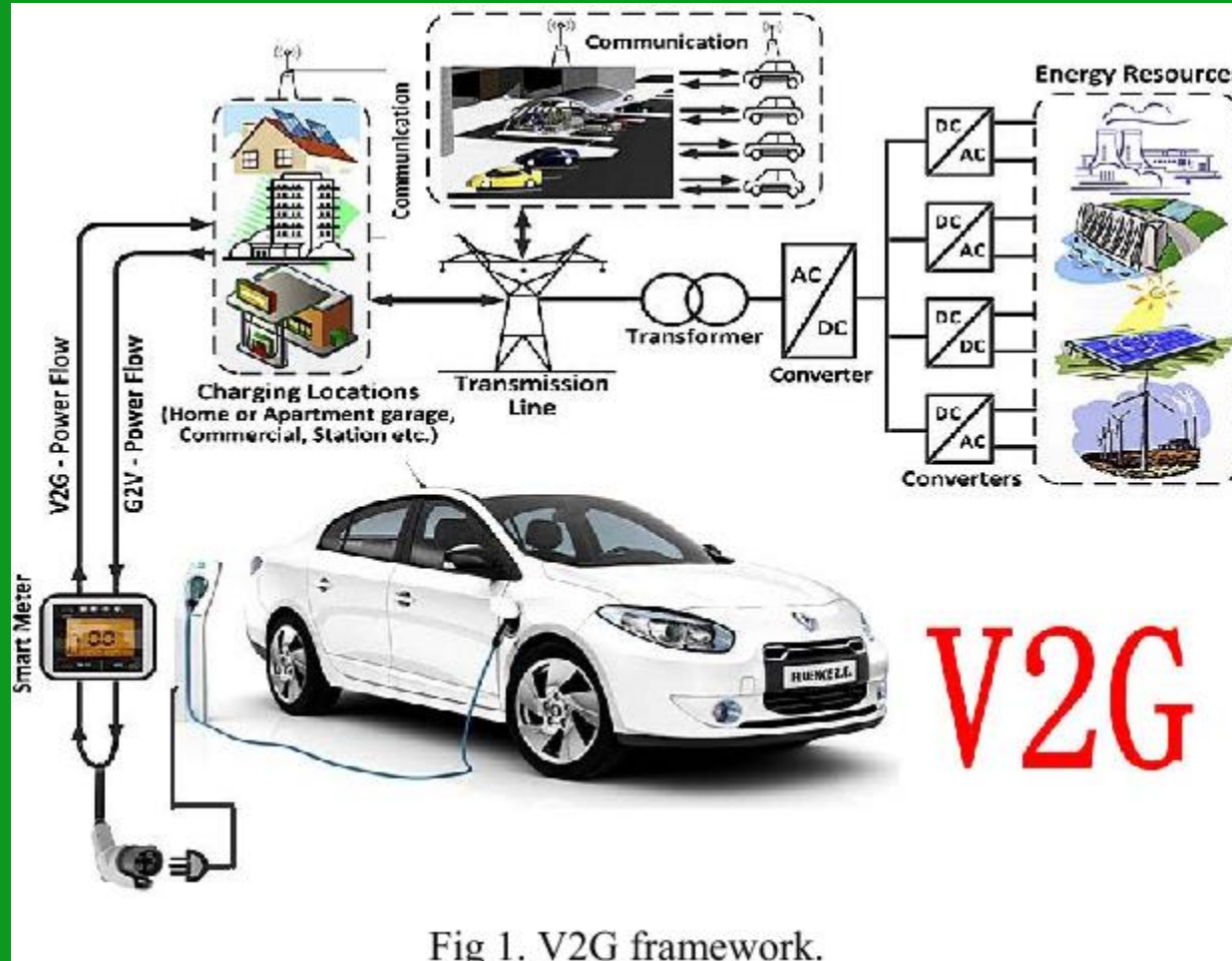


Fig 1. V2G framework.



Складиштење енергије - - Компримовани ваздух

Подземна складишта компримованог ваздуха

