أجهزة الأشعة التقليدية · نظري

المحاضرة 2

مولّدات الجهد العالي

High Voltage Generators

إعداد: **محمد الموسوي**

@almusawy_radiology

الفهرس

1. العناوين والمقدمة	Outlines & Introduction
2. المحوّلات	Transformers
3. تقويم الجهد	Voltage Rectification
4. أنواع المولّدات حسب الطور	Phase Power Types (Generators)
5. المولّد عالي التردد	High Frequency Generator
6. دوائر جهاز الأشعة السينية	X-ray Circuits
7. تأثير شكل الموجة	Effect of Waveform on Radiation Output & Image Quality
8. أسئلة مقترحة من الأستاذ	Suggested Questions
9. الخلاصة	Summary
10. الأسئلة	MCQs
11. اختبر نفسك	Quiz

1 العناوين والمقدمة Outlines & Introduction

High voltage generators:

مولّدات الجهد العالي:

1- Transformers

المحوّلات.

2- Voltage rectification

تقويم الجهد.

3- Phase power types

أنواع الطاقة حسب الطور.

4- X-ray circuits

دوائر جهاز الأشعة السينية.

5- Effect of waveform on radiation output & image quality

تأثير شكل الموجة على ناتج الأشعة وجودة الصورة.

مقدمة Introduction

A high voltage generator (HVG) in an X-ray system acts as the core power unit, converting low-voltage input (120-440VAC) into high-voltage electrical energy (typically 30 kV) to (150 kV) for medical, over (450 kV) for industrial) to accelerate electrons in the X-ray tube and produce X-ray photons. Modern units use high-frequency, constant-potential technology to minimize voltage ripple and ensure consistent, high-quality image production.

مولّد الجهد العالي (HVG) في منظومة الأشعة هو وحدة الطاقة الأساسية: يحوّل الجهد الداخل المنخفض (120–440 فولت متناوب) إلى طاقة كهربائية بجهد عالٍ (عادةً من 30 إلى 150 كيلوفولت للاستعمال الطبي، وأكثر من 450 كيلوفولت للاستعمال الصناعي) لتسريع الإلكترونات في أنبوب

الأشعة وإنتاج فوتونات الأشعة السينية. الأجهزة الحديثة تستعمل تقنية التردد العالي والجهد الثابت لتقليل تموّج الجهد (voltage ripple) وضمان صور ثابتة عالية الجودة.



High voltage generator units (outer case and internal electronics).

وحدات مولّد الجهد العالي (الغلاف الخارجي والدوائر الداخلية).

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 3

⭐ أهم نقطة

المولّد يرفع الجهد من مئات الفولتات إلى 30–150 كيلوفولت حتى يسرّع الإلكترونات وينتج الأشعة.

2 المحوّلات Transformers

المحوّل الذاتي Autotransformer

> X – Ray operating consoles usually have adjustments labeled major KVp and minor KVp, and by selecting a combination of these controls the technologist can provide precisely the required KVp.

لوحات تحكم الأشعة فيها عادةً مفتاحان: major kVp وminor kVp، وباختيار مزيج منهما يضبط تقنيّ الأشعة قيمة kVp المطلوبة بالضبط.

> The major KVp adjustment and the minor KVp adjustment represent two separate series of taps of the autotransformer.

مفتاح major kVp ومفتاح minor kVp يمثّلان سلسلتين منفصلتين من مآخذ (taps) المحوّل الذاتي.

> Selection of the appropriate taps can be made by an adjustment knob or by a push button. If the primary voltage to the autotransformer is 220 V, the output of the autotransformer can be controlled from about 100 to 400 V depending on the design of the autotransformer.

اختيار المأخذ المناسب يكون بمقبض ضبط أو بزر ضغط. إذا كان الجهد الأولي الداخل للمحوّل الذاتي 220 فولت، يمكن التحكم بناتجه من حوالي 100 إلى 400 فولت حسب تصميمه.

> This voltage becomes the input to the high-voltage step-up transformer in the high – voltage section that increases the voltage to provide the kilovoltage required.

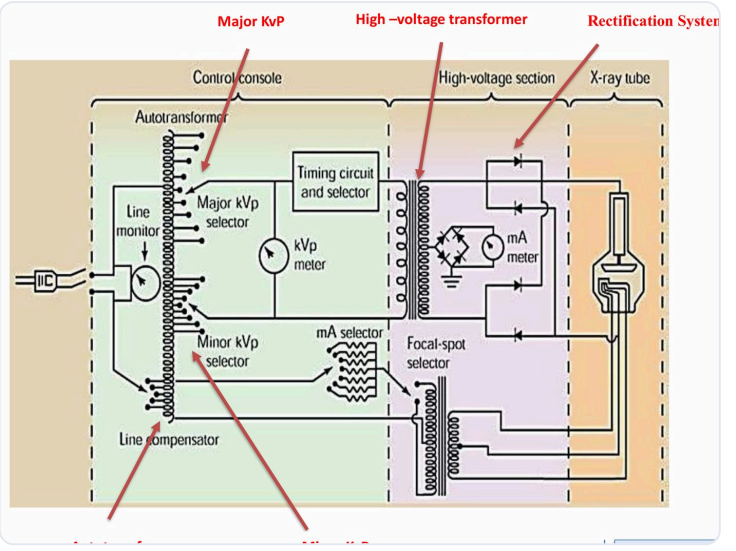
هذا الجهد يصير مدخلاً لمحوّل الجهد العالي الرافع (step-up transformer) في قسم الجهد العالي، الذي يرفع الجهد إلى الكيلوفولت المطلوب.

> The autotransformer is single winding around an iron core operates on self-induction principle, it designed to supply voltage of varying magnitude to the several different circuits of the x-ray machine, most prominently the filament circuit and the highvoltage circuit.

المحوّل الذاتي ملف واحد حول قلب حديدي، يعمل بمبدأ الحثّ الذاتي (self-induction)، ومصمّم ليعطي جهوداً بقيم مختلفة لعدة دوائر في جهاز الأشعة، أهمها دائرة الفتيلة ودائرة الجهد العالي.

> The voltage supplied to the high-voltage transformer is controlled and variable. It is much safer and easier in terms of engineering to vary a low voltage and then increase it than to increase a low voltage to the kilovolt level and then vary its magnitude.

الجهد الداخل لمحوّل الجهد العالي مسيطَر عليه ومتغيّر. هندسياً أأمن وأسهل أن نغيّر جهداً منخفضاً ثم نرفعه، من أن نرفع الجهد المنخفض إلى مستوى الكيلوفولت ثم نغيّر قيمته.



Autotransformer with major and minor kVp taps feeding the high-voltage transformer and the rectification system.

المحوّل الذاتي بمآخذ major kVp وminor kVp يغذّي محوّل الجهد العالي ثم منظومة التقويم.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 6

محوّل الجهد العالي High-voltage transformer

The high – voltage transformer is a step – up transformer, that is, the secondary (induced) voltage is greater than the primary (supply) voltage because the number of secondary windings is greater than the number of primary windings. The ratio of the number of secondary windings to the number of primary windings is called the turn's ratio.

محوّل الجهد العالي محوّل رافع: الجهد الثانوي (المستحَث) أكبر من الجهد الأولي (المجهِّز) لأن عدد لفّات الملف الثانوي أكبر من لفّات الملف الأولي. ونسبة لفّات الثانوي إلى لفّات الأولي تُسمّى «نسبة اللفّات» (turns ratio).

The voltage increase is proportional to the turn's ratio, also the current is reduced proportionately. The turn's ratio of the high –

voltage transformer is usually between 500 and 1000. Since transformers operate only on alternating current, the voltage waveform on both sides of a high – voltage transformer sinusoidal.

زيادة الجهد تتناسب مع نسبة اللفّات، والتيار يقل بنفس النسبة. نسبة اللفّات في محوّل الجهد العالي عادةً بين 500 و1000. ولأن المحوّلات تعمل بالتيار المتناوب فقط، يكون شكل موجة الجهد على جانبي المحوّل جيبياً (sinusoidal).

The only difference between the primary & secondary waveform is their amplitude. The primary voltage is measured in volt, and the secondary voltage is measured in kilovolts. Vs Ns = Vp Np (Turn's ratio)

الفرق الوحيد بين موجة الأولي وموجة الثانوي هو السعة (amplitude): الجهد الأولي يُقاس بالفولت، والثانوي بالكيلوفولت. والعلاقة: Vs / Vp = Ns / Np (نسبة اللفّات).

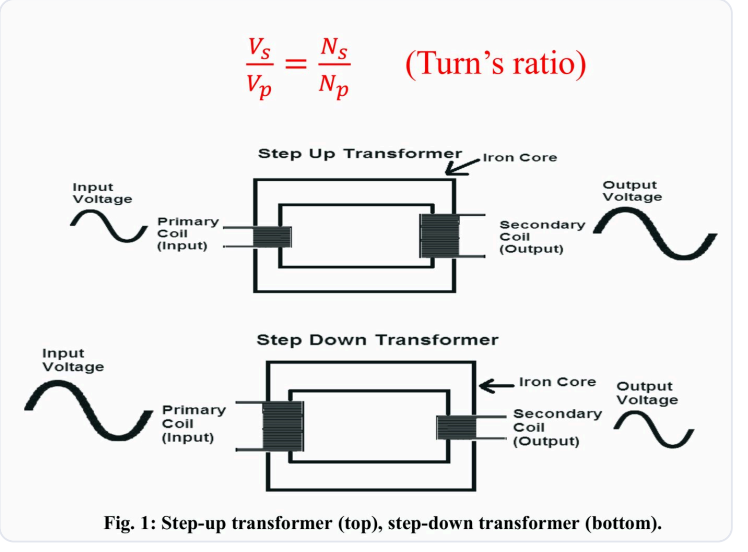


Fig. 1: Step-up transformer (top), step-down transformer (bottom).

Fig. 1: Step-up transformer (top), step-down transformer (bottom), with the turns-ratio equation.

الشكل (1): محوّل رافع (فوق) ومحوّل خافض (تحت)، ومعادلة نسبة اللفّات.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 8

⭐ أهم نقطة

المحوّل الذاتي يغيّر الجهد المنخفض (major/minor kVp)، ثم المحوّل الرافع يضربه بنسبة اللفّات (500–1000).

3 تقويم الجهد Voltage Rectification 🔊

Although transformers operate with alternating current, x – ray tubes must be provided with direct current.

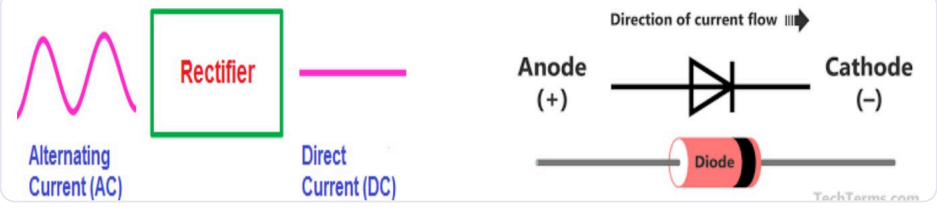
مع أن المحوّلات تعمل بالتيار المتناوب، أنبوب الأشعة يحتاج تياراً مستمراً.

Rectification is the process of converting alternating voltage into direct voltage and therefore alternating current into direct current.

التقويم (rectification) هو تحويل الجهد المتناوب إلى جهد مستمر، وبالتالي التيار المتناوب إلى تيار مستمر.

Rectification is accomplished with device called diodes (two electrode).

يتم التقويم بأجهزة اسمها الثنائيات (diodes) (ذات قطبين).



A rectifier converts alternating current (AC) into direct current (DC); a diode passes current from anode to cathode.

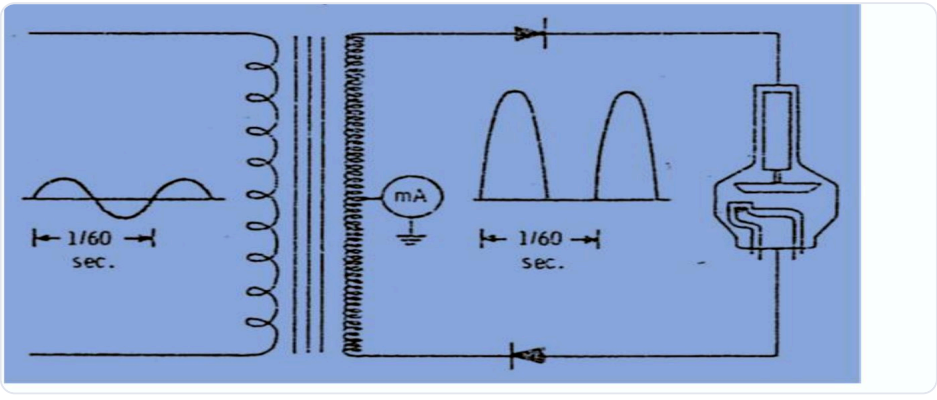
المقوّم يحوّل التيار المتناوب إلى مستمر؛ والثنائي يمرّر التيار من الأنود إلى الكاثود.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 9

Half-wave rectification (تقويم نصف الموجة)

The inverse voltage is removed from the supply to the x – ray tube by rectification , this represents a condition in which the voltage is not allowed to swing negatively during the negative half of its cycle. Half – wave rectification is accomplished with two diodes placed in the high – voltage section.

يُزال الجهد العكسي من التغذية الواصلة للأنبوب، فلا يُسمح للجهد أن ينزل للسالب أثناء النصف السالب من الدورة. ويتم بثنائيين في قسم الجهد العالي.



Half-wave rectified circuit: the negative half-cycle is removed.

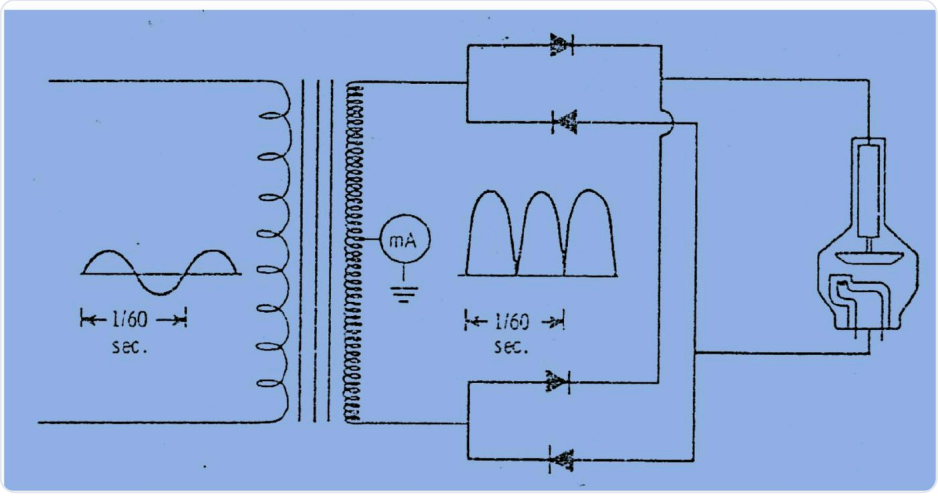
دائرة تقويم نصف الموجة: النصف السالب من الدورة يُحذف.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 10

Full-wave rectification (تقويم الموجة الكاملة)

Full – wave rectified x- ray machine contain at least four diodes in the high voltage circuit . In Full – wave rectified circuit the negative half – cycle corresponding to the inverse voltage is reversed so that a positive voltage is always directed across the x – ray tube.

جهاز الموجة الكاملة فيه أربعة ثنائيات على الأقل في دائرة الجهد العالي، والنصف السالب من الدورة يُقلَب حتى يبقى الجهد على الأنبوب موجباً دائماً.



Full-wave rectified circuit (four diodes): both half-cycles drive the tube.

دائرة تقويم الموجة الكاملة (أربعة ثنائيات): النصفان يشغّلان الأنبوب.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 11

⭐ أهم نقطة

الأنبوب يحتاج تياراً مستمراً؛ نصف موجة = ثنائيان (يحذف السالب)، موجة كاملة = 4 ثنائيات على الأقل (يقلب السالب).

4 أنواع المولّدات حسب الطور Phase Power Types (Generators)

X-ray generator types include; single-phase, 3-phase, and high-frequency generators.

أنواع مولّدات الأشعة: أحادي الطور، وثلاثي الطور، وعالي التردد.

المولّد أحادي الطور Single-Phase Generators

Single-phase, full-wave rectified generators produce two pulsations per cycle (120 pulsations per second) with 100% voltage ripple. With a constantly changing voltage potential, a spectrum of x-ray energies is produced with an average energy somewhere below peak kilovoltage. This pulsating beam results in a longer exposure time, and greater patient dose

from lower energy soft x-rays. Single-phase generators are common for dental radiography where teeth are relatively thin and longer exposure times are tolerable (no moving parts).

المولّد أحادي الطور بتقويم الموجة الكاملة ينتج نبضتين في كل دورة (120 نبضة في الثانية) مع تموّج جهد 100%. ولأن فرق الجهد يتغيّر باستمرار، ينتج طيف من طاقات الأشعة معدّله أقل من ذروة الكيلوفولت. هذه الحزمة النابضة تعني زمن تعرّض أطول، وجرعة أكبر للمريض من الأشعة الليّنة منخفضة الطاقة. المولّدات أحادية الطور شائعة في تصوير الأسنان، لأن الأسنان رقيقة نسبياً ويُتحمّل فيها زمن تعرّض أطول (لا أجزاء متحركة).

المولّد ثلاثي الطور Three-Phase Generators

Voltage waveform has a value near zero The x –ray produced by the signal – phase,. This leads to a little diagnostic value because of their low energy and therefore low penetrability.

موجة الجهد لها قيمة قريبة من الصفر؛ والأشعة التي ينتجها المولّد أحادي الطور قيمتها التشخيصية قليلة لأن طاقتها منخفضة، وبالتالي قدرتها على الاختراق (النفاذ) منخفضة.

One method of overcoming this deficiency is to employ the principle of generating three simultaneous voltage waveforms, such a manipulation result in a three – phase power.

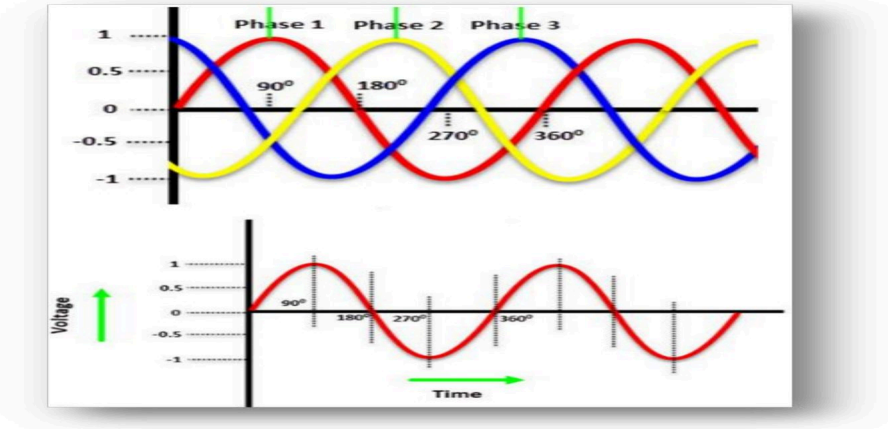
إحدى طرق التغلّب على هذا النقص: توليد ثلاث موجات جهد متزامنة، وهذا ينتج الطاقة ثلاثية الطور.

With three – phase power, multiple voltage waveforms are superimposed on one another, resulting in a waveform that maintains a nearly constant voltage, consequently, the voltage impressed across x – ray tube never dropping to zero during exposure.

في الطاقة ثلاثية الطور تتراكب عدة موجات جهد فوق بعضها، فتنتج موجة جهدها شبه ثابت، وبذلك لا ينزل الجهد على الأنبوب إلى الصفر أثناء التعرّض.

A three-phase generator uses a three-phase AC line source for the purpose of creating more pulsations per unit time. This effectively reduces voltage ripple and increases the efficiency of x-ray production.

المولّد ثلاثي الطور يستعمل مصدر تيار متناوب ثلاثي الطور حتى ينتج نبضات أكثر في وحدة الزمن، وهذا يقلّل تموّج الجهد ويزيد كفاءة إنتاج الأشعة.



Three phases 120° apart (top) compared with a single-phase sine wave (bottom).

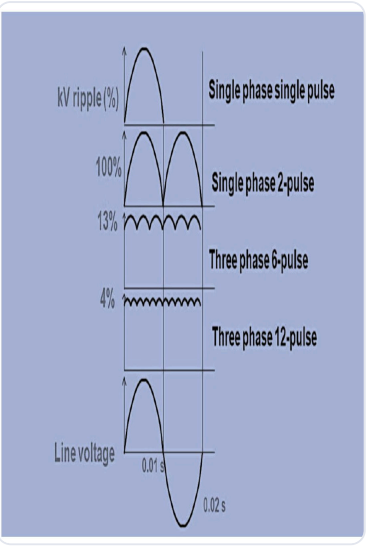
ثلاثة أطوار بينها 120 درجة (فوق) مقارنةً بموجة أحادية الطور (تحت).

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 14

A six-pulse generator delivers six pulsations per cycle, which reduces voltage ripple to 13% of kVp (see Fig. 4). Changing the wiring configuration produces 12 pulses per cycle (12-pulse generator), reducing voltage ripple to 3% of kVp. Using three-phase power results in greater photon output per unit of electrical input (mR/mAs) with higher average energy compared with single-phase units. Three-phase generators are expensive and rely on costly power line installations.

المولّد سداسي النبضات (six-pulse) يعطي ست نبضات في الدورة، فيقلّ التموّج إلى 13% من kVp. وبتغيير طريقة التوصيل نحصل على 12 نبضة في الدورة (12-pulse)، فيقلّ التموّج إلى 3% من kVp. الطاقة ثلاثية الطور تعطي ناتج فوتونات أكبر لكل وحدة إدخال كهربائي (mR/mAs) ومعدّل طاقة

أعلى من الأجهزة أحادية الطور. لكن المولّدات ثلاثية الطور غالية وتحتاج تمديدات كهربائية مكلفة.



kV ripple: single-phase single-pulse and 2-pulse (100%), three-phase 6-pulse (13%), three-phase 12-pulse (4%).

تموّج الكيلوفولت: أحادي الطور بنبضة أو نبضتين (100%)، ثلاثي الطور 6 نبضات (13%)، و12 نبضة (4%).

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 15

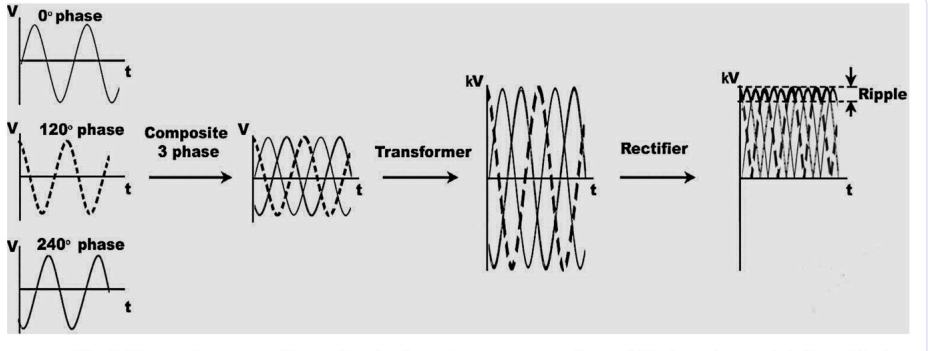


Fig 5: The voltage waveforms for single– phase, composed, amplified, and associated rectified.

Fig 5: Voltage waveforms for single-phase, composed (3-phase), amplified and rectified.

الشكل (5): موجات الجهد: أحادي الطور، ثم المركّبة (ثلاثية الطور)، المضخّمة، والمقوَّمة.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 16

التموّج Ripple

> The voltage drop from kVp is called ripple and represents the efficiency at which x-rays are produced. The greater the ripple, the less efficient the x-ray production. A kVp of zero accompanies 100% ripple. A voltage potential that drops below peak kilovoltage produces x-ray photons with a wide spectrum of energies.

انخفاض الجهد عن kVp يُسمّى التموّج (ripple)، ويمثّل كفاءة إنتاج الأشعة: كلما زاد التموّج قلّت كفاءة الإنتاج. والتموّج 100% يعني أن الجهد ينزل إلى الصفر. والجهد الذي ينخفض عن الذروة ينتج فوتونات بطيف واسع من الطاقات.

⭐ أهم نقطة

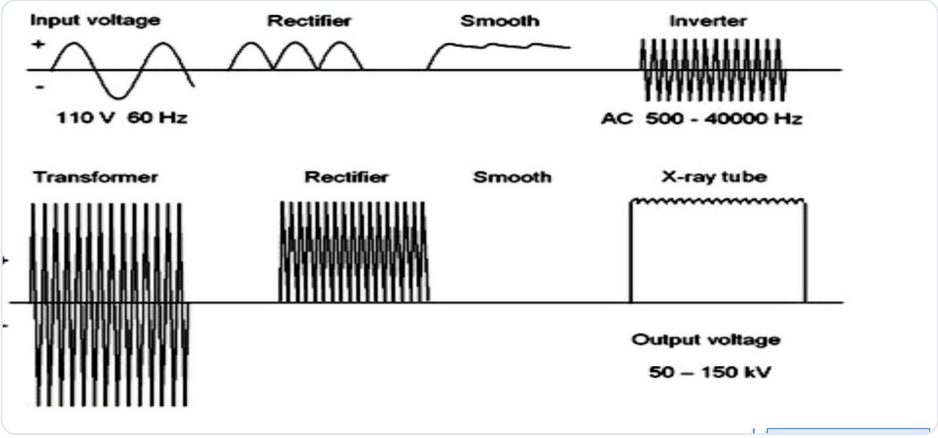
تموّج أقل = كفاءة أعلى: أحادي الطور 100%، ثلاثي الطور 6 نبضات ≈ 13–14% و12 نبضة ≈ 3–4%، وعالي التردد أقل من 1%.

---

5 المولّد عالي التردد High Frequency Generator 🔊

> The development in high – voltage generator design was using a high – frequency electric circuit to the x – ray tube. Higher frequency would be obtained, consequently, when the voltage waveform are rectified and smoothed it has less than 1 % ripple, which is even better than three – phase power for x – ray production.

التطوّر في تصميم مولّدات الجهد العالي كان باستعمال دائرة كهربائية عالية التردد لتغذية الأنبوب. فنحصل على تردد أعلى، وعندما تُقوَّم موجة الجهد وتُنعَّم يكون التموّج أقل من 1%، وهو أفضل حتى من الطاقة ثلاثية الطور لإنتاج الأشعة.



High-frequency generator: input voltage → rectifier → smoothing → inverter (500–40000 Hz) → transformer → rectifier → smoothing → nearly constant 50–150 kV.

المولّد عالي التردد: الجهد الداخل ← مقوّم ← تنعيم ← عاكس (500–40000 هيرتز) ← محوّل ← مقوّم ← تنعيم ← جهد شبه ثابت 50–150 كيلوفولت.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 17

> High-frequency generators are smaller and more efficient than three-phase generators. On the other hand, high-frequency generators have been the most widely used over the past decade for the following reasons:

المولّدات عالية التردد أصغر وأكفأ من ثلاثية الطور، وهي الأكثر استعمالاً في العقد الأخير للأسباب التالية:

1- The standard frequency increase from 60 Hz to 500 KHz

التردد يرتفع من 60 هيرتز إلى 500 كيلوهيرتز.

2- The highest average (effective) x-ray energy

أعلى معدّل طاقة (فعّالة) للأشعة.

3- lower soft radiation dosage to patients

جرعة أقل من الأشعة الليّنة على المريض.

4- Nearly constant potential waveform

موجة جهد شبه ثابتة.

5- Smaller in design

تصميم أصغر.

6- Increased radiation quality and quantity

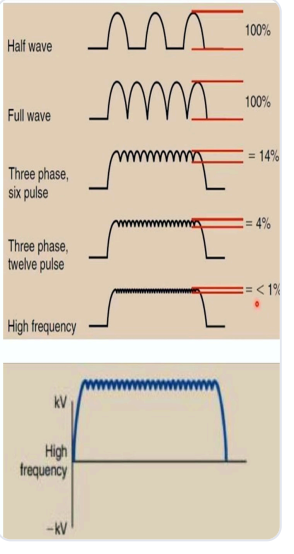
زيادة نوعية الأشعة وكميتها.

7- Shortest exposure time.

أقصر زمن تعرّض.

8- Increase x-ray tube life.

عمر أطول لأنبوب الأشعة.



Ripple by generator type: half wave and full wave (100%), three-phase six pulse (14%), three-phase twelve pulse (4%), high frequency (< 1%).

التموّج حسب نوع المولّد: نصف موجة وموجة كاملة (100%)، ثلاثي 6 نبضات (14%)، ثلاثي 12 نبضة (4%)، عالي التردد (أقل من 1%).

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 18

⭐ أهم نقطة

المولّد عالي التردد: تموّج أقل من 1%، أصغر، أكفأ، أقصر زمن تعرّض، وأقل جرعة.

6 دوائر جهاز الأشعة السينية X-ray Circuits

> X-ray circuits are designed to provide the necessary electrical power to an X-ray tube to generate, control, and accelerate electrons to produce X-ray radiation.

دوائر جهاز الأشعة مصمّمة لتوفّر الطاقة الكهربائية اللازمة لأنبوب الأشعة حتى يولّد الإلكترونات ويتحكم بها ويسرّعها لإنتاج الأشعة.

> The waveform of this power, which dictates how consistently high voltage is maintained, significantly impacts the efficiency of radiation output and the quality of the resulting image.

شكل موجة هذه الطاقة، الذي يحدّد مدى ثبات الجهد العالي، يؤثّر كثيراً في كفاءة ناتج الأشعة وجودة الصورة الناتجة.

> A complete X-ray machine circuit is divided into three main sections:

دائرة جهاز الأشعة الكاملة تنقسم إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

الدائرة الأولية Primary Circuit

1- Main Switch/Fuses: Controls power input.

المفتاح الرئيسي والمصهرات: يتحكم بدخول الطاقة.

2- Line Voltage Compensator: Stabilizes incoming voltage to ensure consistent output.

معوّض جهد الخط: يثبّت الجهد الداخل حتى يكون الناتج ثابتاً.

3- Autotransformer: Adjusts the voltage to the step-up transformer, allowing the radiographer to set the desired kilovoltage (kVp).

المحوّل الذاتي: يضبط الجهد الداخل للمحوّل الرافع، فيختار المصوّر الشعاعي kVp المطلوب.

4- Exposure Timer: Terminates the exposure after a precise, predetermined time, such as in Automatic Exposure Control (AEC) systems.

مؤقّت التعرّض: ينهي التعرّض بعد زمن دقيق محدّد مسبقاً، كما في أنظمة AEC.

دائرة الفتيلة Filament Circuit

1- Filament Step-down Transformer: Decreases input voltage (typically 120-220V) to low voltage (10-12V) and increases amperage (3-5A) to heat the cathode filament.

محوّل الفتيلة الخافض: يخفّض الجهد الداخل (عادةً 120–220 فولت) إلى جهد منخفض (10–12 فولت) ويرفع التيار (3–5 أمبير) لتسخين فتيلة الكاثود.

2- mA Selector: A rheostat that controls the temperature of the filament, which in turn determines the number of electrons released (tube current or mA).

منتقي mA: مقاومة متغيّرة (rheostat) تتحكم بحرارة الفتيلة، فتحدّد عدد الإلكترونات المتحرّرة (تيار الأنبوب mA).

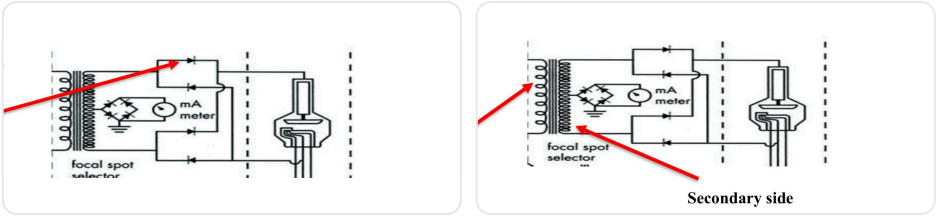
الدائرة الثانوية Secondary Circuit

1- Step-up Transformer: Increases the voltage from the autotransformer to the kilovoltage required for X-ray production (40–150 kV).

المحوّل الرافع: يرفع الجهد القادم من المحوّل الذاتي إلى الكيلوفولت اللازم لإنتاج الأشعة (40–150 كيلوفولت).

2- Rectifier Unit: Solid-state diodes (rectifiers) convert alternating current (AC) from the transformer into direct current (DC), ensuring electrons flow only from the cathode to the anode.

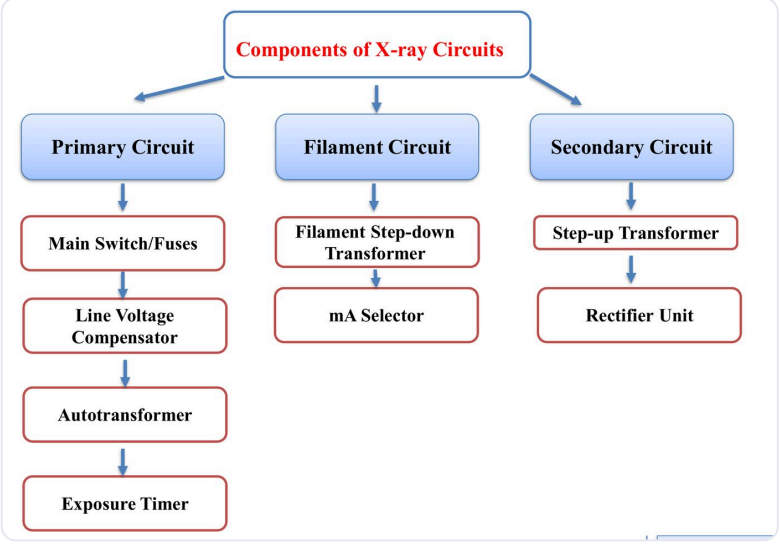
وحدة التقويم: ثنائيات الحالة الصلبة تحوّل التيار المتناوب القادم من المحوّل إلى مستمر، فتجري الإلكترونات من الكاثود إلى الأنود فقط.



Primary and secondary sides of the high-voltage transformer (right) and the rectifier unit (left).

الجانب الأولي والثانوي لمحوّل الجهد العالي (يمين)، ووحدة التقويم (يسار).

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 21



Components of X-ray circuits: primary, filament and secondary circuits.

مكوّنات دوائر جهاز الأشعة: الدائرة الأولية، ودائرة الفتيلة، والدائرة الثانوية.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 22

⭐ أهم نقطة

ثلاث دوائر: الأولية (مفتاح، معوّض، محوّل ذاتي، مؤقّت)، الفتيلة (محوّل خافض + منتقي mA)، الثانوية (محوّل رافع + مقوّم).

7 تأثير شكل الموجة Effect of Waveform on Radiation Output & Image

على ناتج الأشعة Effect of waveform on radiation output

> The waveform, or the shape of the voltage signal applied to the X-ray tube, determines the efficiency of x-ray production.

شكل الموجة، أي شكل إشارة الجهد المطبّقة على الأنبوب، يحدّد كفاءة إنتاج الأشعة.

1- Voltage Ripple: This is the variation in voltage between the peak (kVp) and minimum value. A lower ripple means more constant, higher-quality, and higherquantity radiation.

تموّج الجهد: الفرق بين ذروة الجهد (kVp) وأدنى قيمة. تموّج أقل يعني أشعة أثبت وأعلى نوعية وكمية.

2- Single-phase (100% Ripple): The voltage drops to zero 120 times per second, producing a large amount of low-energy ("soft") X-rays that are absorbed by the patient rather than contributing to the image.

أحادي الطور (تموّج 100%): الجهد ينزل للصفر 120 مرة في الثانية، فتنتج كمية كبيرة من الأشعة الليّنة منخفضة الطاقة يمتصها المريض ولا تساهم في الصورة.

3- Three-phase (13% - 4% Ripple): More efficient than single-phase, the voltage rarely drops to zero, resulting in a higher average voltage, increased beam intensity, and better penetration.

ثلاثي الطور (تموّج 13%–4%): أكفأ من أحادي الطور؛ الجهد نادراً ما ينزل للصفر، فيرتفع معدّل الجهد وتزيد شدة الحزمة وتتحسّن قدرة الاختراق.

4- High-Frequency (Less than 3% Ripple): These generators produce nearly constant potential, which is the most efficient. They allow for shorter exposure times and higher average energies.

عالي التردد (تموّج أقل من 3%): جهد شبه ثابت، وهو الأكفأ؛ يسمح بزمن تعرّض أقصر ومعدّل طاقة أعلى.

على جودة الصورة Effect of waveform on image quality

> The type of generator and its waveform directly influence image contrast and detail:

نوع المولّد وشكل موجته يؤثّران مباشرةً في تباين الصورة وتفاصيلها:

1- Improved Contrast and Penetration: Higher frequency and three-phase generators produce higher-energy beams (higher mean photon energy). This increases penetration power, which is ideal for dense body parts but may lower subject contrast in certain scenarios.

التباين وقدرة الاختراق: المولّدات عالية التردد وثلاثية الطور تنتج حزمة أعلى طاقة (معدّل طاقة فوتونات أعلى)، فتزيد قدرة الاختراق، وهذا مثالي للأجزاء الكثيفة لكنه قد يقلّل تباين الجسم المصوَّر في بعض الحالات.

2- Reduced Patient Dose: Because higher-frequency generators produce fewer low-energy (soft) X-rays, they reduce the radiation dose delivered to the patient.

جرعة أقل للمريض: لأن المولّدات عالية التردد تنتج أشعة ليّنة أقل، فهي تقلّل الجرعة على المريض.

3- Higher Intensity/Quantity: For the same set technical factors (kVp, mA), high-frequency generators produce a higher quantity of photons (higher average mA) than lower-phase generators, enabling improved image quality and reducing the need for high mAs.

شدة وكمية أعلى: بنفس العوامل (kVp، mA) تنتج المولّدات عالية التردد فوتونات أكثر من المولّدات الأقل طوراً، فتتحسّن الصورة ونحتاج mAs أقل.

⭐ **أهم نقطة**

تموّج أقل ← أشعة ليّنة أقل ← جرعة أقل + زمن أقصر + قدرة اختراق أعلى.

8 أسئلة مقترحة من الأستاذ 🔊 Suggested Questions

1- What is the main disadvantage of a Single-phase generator compared to a Three-phase generator in clinical practice?

ما العيب الأساسي للمولّد أحادي الطور مقارنةً بثلاثي الطور في الممارسة السريرية؟

2- Why do high-frequency generators typically result in a "Reduced Patient Dose"?

لماذا المولّدات عالية التردد تقلّل الجرعة على المريض عادةً؟

3- High-frequency generators are often preferred for mobile (portable) X-ray units because:

تُفضَّل المولّدات عالية التردد للأجهزة المتنقّلة (المحمولة) لأن:

4- When using a Three-phase or High-frequency generator, the exposure time can be significantly reduced because:

عند استعمال مولّد ثلاثي الطور أو عالي التردد يمكن تقليل زمن التعرّض كثيراً لأن:

5- How does a High-frequency generator affect the "Mean Photon Energy" of the X-ray beam compared to a Single-phase unit?

كيف يؤثّر المولّد عالي التردد في معدّل طاقة الفوتونات مقارنةً بأحادي الطور؟

6- High-frequency generators allow for significantly shorter exposure times (ms). How does this technical capability specifically impact "Image Detail" in chest or pediatric radiography?

المولّدات عالية التردد تسمح بزمن تعرّض أقصر بكثير (بالملي ثانية). كيف يؤثّر هذا في تفاصيل الصورة بتصوير الصدر أو الأطفال؟

7- Why are the "Major kVp" and "Minor kVp" adjustments located at the autotransformer stage rather than after the high-voltage transformer?

لماذا مفتاحا major kVp وminor kVp في مرحلة المحوّل الذاتي وليس بعد محوّل الجهد العالي؟

⭐ **أهم نقطة**

أسئلة الأستاذ السبعة؛ أجوبتها بالأقسام السابقة.

الخلاصة

1. The HVG converts 120–440 VAC into 30–150 kV (medical) to accelerate electrons in the x-ray tube.
المولّد يحوّل 120–440 فولت متناوب إلى 30–150 كيلوفولت (طبياً) لتسريع الإلكترونات.

2. Major and minor kVp are two series of autotransformer taps; it is safer to vary a low voltage, then step it up.
major وminor kVp مأخذان للمحوّل الذاتي؛ الأكثر أماناً تغيير الجهد المنخفض ثم رفعه.

3. High-voltage transformer = step-up; Vs/Vp = Ns/Np; turns ratio 500–1000; current falls in proportion.
محوّل الجهد العالي رافع؛ Vs/Vp = Ns/Np؛ نسبة اللفّات 500–1000؛ والتيار يقل بنفس النسبة.

4. Rectification (diodes) converts AC to DC: half-wave = two diodes, full-wave = at least four diodes.
التقويم (بالثنائيات) يحوّل المتناوب إلى مستمر: نصف موجة = ثنائيان، موجة كاملة = 4 على الأقل.

5. Ripple: single-phase 100%, three-phase 13% (6-pulse) and 3% (12-pulse), high-frequency < 1%.
التموّج: أحادي 100%، ثلاثي 13% (6 نبضات) و3% (12 نبضة)، عالي التردد أقل من 1%.

6. Three circuits: primary, filament (step-down transformer 10–12 V, 3–5 A; mA selector), secondary (step-up + rectifier).
ثلاث دوائر: الأولية، الفتيلة (خافض 10–12 فولت و3–5 أمبير؛ منتقي mA)، الثانوية (رافع + مقوّم).

7. Lower ripple → fewer soft X-rays → lower patient dose, shorter exposure time, higher mean photon energy.
تموّج أقل ← أشعة ليّنة أقل ← جرعة أقل، زمن تعرّض أقصر، ومعدّل طاقة أعلى.

أهم المصطلحات

High voltage generator (HVG)	مولّد الجهد العالي
Step-up / Step-down transformer	المحوّل الرافع / الخافض
Rectification	التقويم
Half-wave / Full-wave	نصف الموجة / الموجة الكاملة
High-frequency generator	المولّد عالي التردد
Rheostat	المقاومة المتغيّرة
Autotransformer	المحوّل الذاتي
Turns ratio	نسبة اللفّات
Diode	الثنائي (الدايود)
Single-phase / Three-phase	أحادي الطور / ثلاثي الطور
Voltage ripple	تموّج الجهد

الأسئلة

1 **A medical high voltage generator typically produces:**

مولّد الجهد العالي الطبي ينتج عادةً:

A	30 kV to 150 kV	من 30 إلى 150 كيلوفولت
B	120 V to 440 V AC	من 120 إلى 440 فولت متناوب
C	Over 450 kV	أكثر من 450 كيلوفولت
D	10 V to 12 V	من 10 إلى 12 فولت

✅ **A** **30 kV to 150 kV** — **من 30 إلى 150 كيلوفولت**

💡 المحاضرة: عادةً 30–150 كيلوفولت للاستعمال الطبي، وأكثر من 450 للصناعي.

2 **The major kVp and minor kVp adjustments represent:**

مفتاحا major kVp وminor kVp يمثّلان:

A	Two diodes in the rectifier of the high-voltage section	صمامان ثنائيان في مقوّم قسم الجهد العالي
B	Two separate series of taps of the autotransformer	سلسلتين منفصلتين من مآخذ المحوّل الذاتي
C	The filament and the anode	الفتيلة والأنود
D	The mechanical and electronic exposure timers	مؤقّتا التعرّض الميكانيكي والإلكتروني

✅ **B** **Two separate series of taps of the autotransformer** — **سلسلتين منفصلتين من مآخذ المحوّل الذاتي**

💡 نص المحاضرة: يمثّلان سلسلتين منفصلتين من مآخذ المحوّل الذاتي.

3 **If the primary voltage to the autotransformer is 220 V, its output can be controlled from about:**

إذا كان الجهد الداخل للمحوّل الذاتي 220 فولت، يمكن التحكم بناتجه من حوالي:

A	10 to 12 V	10 إلى 12 فولت
B	40 to 150 kV	40 إلى 150 كيلوفولت
C	100 to 400 V	100 إلى 400 فولت
D	500 to 1000 V	500 إلى 1000 فولت

✅ **C** **100 to 400 V** — **100 إلى 400 فولت**

💡 المحاضرة: من حوالي 100 إلى 400 فولت حسب تصميم المحوّل الذاتي.

4 **The autotransformer operates on the principle of:**

المحوّل الذاتي يعمل بمبدأ:

A	Rectification	التقويم
B	Thermionic emission	الانبعاث الحراري
C	Mutual induction with two windings	الحثّ المتبادل بملفّين
D	Self-induction with a single winding	الحثّ الذاتي بملف واحد

✅ **D** **Self-induction with a single winding** — **الحثّ الذاتي بملف واحد**

💡 المحاضرة: ملف واحد حول قلب حديدي تعمل بمبدأ الحثّ الذاتي.

5 **Why is the kVp varied at the autotransformer rather than after the high-voltage transformer?**

لماذا يُغيَّر الكيلوفولت عند المحوّل الذاتي وليس بعد محوّل الجهد العالي؟

A	It is safer and easier to vary a low voltage and then increase it	لأن تغيير الجهد المنخفض ثم رفعه أأمن وأسهل
B	The high-voltage transformer can operate only on direct current (DC)	محوّل الجهد العالي يعمل بالتيار المستمر (DC) فقط
C	It increases the turns ratio	لأنه يزيد نسبة اللفّات
D	It reduces the number of diodes	لأنه يقلّل عدد الثنائيات

✅ **A** **It is safer and easier to vary a low voltage and then increase it** — **لأن تغيير الجهد المنخفض ثم رفعه أأمن وأسهل**

💡 المحاضرة: هندسياً أأمن وأسهل تغيير الجهد المنخفض ثم رفعه.

6 **The turns ratio of the high-voltage transformer is usually between:**

نسبة اللفّات في محوّل الجهد العالي عادةً بين:

A	1000 and 5000	1000 و5000
B	500 and 1000	500 و1000
C	100 and 400	100 و400
D	10 and 12	10 و12

✅ **B** **500 and 1000** **500 و1000**

💡 المحاضرة: عادةً بين 500 و1000.

7 **In a step-up transformer, when the voltage increases, the current:**

في المحوّل الرافع، عندما يزيد الجهد فإن التيار:

A	Increases by the same ratio	يزيد بنفس النسبة
B	Stays the same	يبقى نفسه
C	Is reduced proportionately	يقل بنفس النسبة
D	Becomes direct current	يصير مستمراً

✅ **C** **Is reduced proportionately** يقل بنفس النسبة

💡 المحاضرة: زيادة الجهد تتناسب مع نسبة اللفّات، والتيار يقل بنفس النسبة.

8 **Rectification is the process of converting:**

التقويم هو تحويل:

A	Low voltage into high voltage by induction	جهد منخفض إلى جهد عالٍ بالحثّ
B	Heat to light	الحرارة إلى ضوء
C	Direct current to alternating current	التيار المستمر إلى متناوب
D	Alternating current to direct current	التيار المتناوب إلى مستمر

✅ **D** **Alternating current to direct current** التيار المتناوب إلى مستمر

💡 المحاضرة: التقويم تحويل الجهد المتناوب إلى مستمر، وبالتالي التيار.

9 **A full-wave rectified x-ray machine contains at least:**

جهاز الأشعة بتقويم الموجة الكاملة يحتوي على الأقل:

A	Four diodes	أربعة ثنائيات
B	One diode	ثنائياً واحداً
C	Two diodes	ثنائيين
D	Twelve diodes	اثني عشر ثنائياً

✅ **A** **Four diodes** أربعة ثنائيات

💡 المحاضرة: أربعة ثنائيات على الأقل في دائرة الجهد العالي.

10 **Single-phase full-wave rectified generators produce:**

المولّدات أحادية الطور بتقويم الموجة الكاملة تنتج:

A	Six pulsations per cycle with about 13% ripple	ست نبضات في الدورة بتموّج نحو 13%
B	Two pulsations per cycle with 100% ripple	نبضتين بالدورة وتموّج 100%
C	Twelve pulses per cycle with 3% ripple	12 نبضة بالدورة وتموّج 3%
D	A constant potential with < 1% ripple	جهداً ثابتاً وتموّجاً أقل من 1%

✅ **B** **Two pulsations per cycle with 100% ripple** نبضتين بالدورة وتموّج 100%

💡 المحاضرة: نبضتان بالدورة (120 بالثانية) مع تموّج 100%.

11 **Single-phase generators are common in which type of radiography?**

المولّدات أحادية الطور شائعة في أي نوع من التصوير؟

A	Chest radiography	تصوير الصدر
B	CT scanning	المفراس
C	Dental radiography	تصوير الأسنان
D	Mammography	تصوير الثدي

✅ **C** **Dental radiography** تصوير الأسنان

💡 المحاضرة: شائعة لتصوير الأسنان لأن الأسنان رقيقة ويُتحمّل زمن تعرّض أطول.

12 **A 12-pulse three-phase generator reduces voltage ripple to about:**

المولّد ثلاثي الطور بـ 12 نبضة يقلّل التموّج إلى حوالي:

A	100% of kVp	100% من kVp
B	13% of kVp	13% من kVp
C	50% of kVp	50% من kVp
D	3% of kVp	3% من kVp

✅ **D** **3% of kVp** **3% من kVp**

💡 المحاضرة: 6 نبضات = 13%، و12 نبضة = 3% من kVp.

13 **The voltage drop from kVp is called:**

انخفاض الجهد عن kVp يُسمّى:

A	Ripple	التموّج
B	Turns ratio	نسبة اللفّات
C	Rectification	التقويم
D	Line compensation	معاوضة الخط

✅ **A** **Ripple** **التموّج**

💡 المحاضرة: انخفاض الجهد عن kVp اسمه ripple، وكلما زاد قلّت كفاءة الإنتاج.

14 **Which is a reason high-frequency generators are the most widely used?**

أي مما يلي سبب لكون المولّدات عالية التردد الأكثر استعمالاً؟

A They rely on costly three-phase power line installations and cabling — تعتمد على تمديدات خطوط قدرة ثلاثية الطور مكلفة

B Nearly constant potential waveform and shortest exposure time — موجة جهد شبه ثابتة وأقصر زمن تعرّض

C They produce more soft radiation and a higher ripple — تُنتج إشعاعاً ليّناً أكثر وتموّجاً أعلى

D They are larger in design but cheaper to install — تصميمها أكبر لكن تركيبها أرخص

✅ **B** **Nearly constant potential waveform and shortest exposure time** — **موجة جهد شبه ثابتة وأقصر زمن تعرّض**

💡 من أسباب المحاضرة: موجة شبه ثابتة، تصميم أصغر، أقصر زمن تعرّض، وجرعة ليّنة أقل.

15 **The filament step-down transformer delivers about:**

محوّل الفتيلة الخافض يعطي حوالي:

A 40–150 kV — 40–150 كيلوفولت

B 100–400 V — 100–400 فولت

C 10–12 V and 3–5 A — 10–12 فولت و3–5 أمبير

D 220 V and 200–1000 mA — 220 فولت و200–1000 mA

✅ **C** **10–12 V and 3–5 A** — **10–12 فولت و3–5 أمبير**

💡 المحاضرة: يخفّض الجهد إلى 10–12 فولت ويرفع التيار إلى 3–5 أمبير لتسخين الفتيلة.

16 **Which component belongs to the secondary circuit?**

أي مكوّن يتبع الدائرة الثانوية؟

A	Line voltage compensator	معوّض جهد الخط
B	mA selector	منتقي mA
C	Exposure timer	مؤقّت التعرّض
D	Rectifier unit	وحدة التقويم

✅ **D** **Rectifier unit** — وحدة التقويم

💡 الدائرة الثانوية بالمحاضرة: المحوّل الرافع ووحدة التقويم.

17 **Why do high-frequency generators reduce patient dose?**

لماذا المولّدات عالية التردد تقلّل جرعة المريض؟

A	They produce fewer low-energy (soft) X-rays	لأنها تنتج أشعة ليّنة منخفضة الطاقة أقل
B	They use longer exposure times per image	لأنها تستعمل زمن تعرّض أطول لكل صورة
C	They have 100% ripple in their voltage	لأن تموّج جهدها 100%
D	They lower the mean photon energy	لأنها تخفّض معدّل طاقة الفوتونات

✅ **A** **They produce fewer low-energy (soft) X-rays** — لأنها تنتج أشعة ليّنة منخفضة الطاقة أقل

💡 المحاضرة: تنتج أشعة ليّنة أقل، فتقل الجرعة الواصلة للمريض.

18 **In single-phase units, the large amount of soft X-rays is:**

في الأجهزة أحادية الطور، الكمية الكبيرة من الأشعة الليّنة:

A	Used by the detector to improve image contrast and detail	يستعمله الكاشف لتحسين تباين الصورة وتفاصيلها
B	Absorbed by the patient rather than contributing to the image	يمتصها المريض ولا تساهم في الصورة
C	Removed by the rectifier	يزيلها المقوّم
D	Converted to hard X-rays by the filtration in the tube housing	يتحوّل إلى أشعة صلبة بالترشيح في غلاف الأنبوب

✅ **B** **Absorbed by the patient rather than contributing to the image** — **يمتصها المريض ولا تساهم في الصورة**

💡 المحاضرة: الأشعة الليّنة يمتصها المريض بدل أن تساهم في الصورة.

19 **What is the main disadvantage of a Single-phase generator compared to a Three-phase generator in clinical practice?**

ما العيب الرئيسي لمولّد الطور الواحد مقارنةً بمولّد الأطوار الثلاثة في الممارسة السريرية؟

A	High cost and the need for costly power line installations	الكلفة العالية والحاجة إلى تمديدات خطوط قدرة مكلفة
B	Lower voltage ripple, which narrows the energy spectrum	تموّج جهد أقل يضيّق طيف الطاقة
C	Longer exposure time and greater patient dose from soft X-rays	زمن تعرّض أطول وجرعة أكبر للمريض من الأشعة الليّنة
D	Higher average photon energy, which lowers subject contrast	متوسط طاقة فوتونات أعلى يقلّل التباين

✅ **C** **Longer exposure time and greater patient dose from soft X-rays** — **زمن تعرّض أطول وجرعة أكبر للمريض من الأشعة الليّنة**

💡 المحاضرة (سؤال مقترح): الحزمة النابضة لمولّد الطور الواحد تؤدي إلى «زمن تعرّض أطول وجرعة أكبر للمريض من الأشعة الليّنة منخفضة الطاقة». الكلفة العالية عيب مولّد الأطوار الثلاثة.

20

High-frequency generators are often preferred for mobile (portable) X-ray units because:

تُفضَّل مولّدات التردد العالي غالباً في أجهزة الأشعة المتنقّلة لأنها:

A They need a costly three-phase power line installation — تحتاج تمديد خط قدرة ثلاثي الطور مكلفاً

B They produce two pulsations per cycle with 100% ripple — تُنتج نبضتين في الدورة بتموّج 100%

C They work directly on the 220 V supply without any transformer — تعمل مباشرةً على 220 فولت دون أي محوّل

D They are smaller and more efficient than three-phase generators — أصغر حجماً وأكثر كفاءة من مولّدات الأطوار الثلاثة

✅ **D** **They are smaller and more efficient than three-phase generators** — **أصغر حجماً وأكثر كفاءة من مولّدات الأطوار الثلاثة**

💡 المحاضرة (سؤال مقترح): مولّدات التردد العالي «أصغر وأكثر كفاءة من مولّدات الأطوار الثلاثة»، ومن أسباب انتشارها «أصغر تصميماً».

When using a Three-phase or High-frequency generator, the exposure time can be significantly reduced because: 21

عند استعمال مولّد ثلاثي الطور أو عالي التردد يمكن تقليل زمن التعرّض كثيراً لأن:

A The voltage stays nearly constant, giving more photon output per mAs — الجهد يبقى شبه ثابت، فيعطي إنتاجاً أكبر من الفوتونات لكل mAs

B The voltage drops to zero 120 times per second, as in single-phase — الجهد يهبط إلى الصفر 120 مرة في الثانية كما في الطور الواحد

C More low-energy soft X-rays are produced, darkening the image faster — تُنتج أشعة ليّنة منخفضة الطاقة أكثر فتُعتّم الصورة أسرع

D The filament is heated by a lower current, so less heat is produced — الفتيلة تُسخَّن بتيار أقل، فتتولّد حرارة أقل

✅ **A** **The voltage stays nearly constant, giving more photon output per mAs** — **الجهد يبقى شبه ثابت، فيعطي إنتاجاً أكبر من الفوتونات لكل mAs**

💡 المحاضرة (سؤال مقترح): بالطاقة ثلاثية الطور يبقى الجهد شبه ثابت ولا يهبط إلى الصفر، فيزيد إنتاج الفوتونات لكل وحدة كهربائية (mR/mAs)؛ والتردد العالي جهده شبه ثابت ويتيح أقصر زمن تعرّض.

How does a High-frequency generator affect the "Mean Photon Energy" of the X-ray beam compared to a Single-phase unit?

22

كيف يؤثر مولّد التردد العالي في متوسط طاقة فوتونات الحزمة مقارنةً بمولّد الطور الواحد؟

A It is lower, because more soft X-rays are produced — يكون أقل، لأن أشعة ليّنة أكثر تُنتج

B It is higher, giving a more penetrating beam — يكون أعلى، فتصبح الحزمة أعلى قدرة اختراق

C It stays the same, because the selected kVp is the same — يبقى كما هو، لأن kVp المختار نفسه

D It falls to zero between the voltage pulses — يهبط إلى الصفر بين نبضات الجهد

✅ **B** **It is higher, giving a more penetrating beam** — **يكون أعلى، فتصبح الحزمة أعلى قدرة اختراق**

💡 المحاضرة (سؤال مقترح): مولّدات التردد العالي تعطي «أعلى متوسط طاقة (فعّالة) للأشعة» وحزمة أعلى طاقة تزيد قدرة الاختراق.

23 **High-frequency generators allow for significantly shorter exposure times (ms). How does this technical capability specifically impact "Image Detail" in chest or pediatric radiography?**

تتيح مولّدات التردد العالي أزمنة تعرّض قصيرة جداً (ملي ثانية). كيف يؤثر هذا في تفاصيل الصورة بتصوير الصدر أو الأطفال؟

A	It increases geometric blurring from the focal spot	يزيد التغبيش الهندسي من البؤرة
B	It increases scatter and so lowers image contrast	يزيد الإشعاع المتشتّت فيقلّ التباين
C	It reduces motion blur from patient movement	يقلّل التغبيش الناتج عن حركة المريض
D	It has no effect, since detail depends only on kVp	لا يؤثر، لأن التفاصيل تعتمد على kVp فقط

✅ **C** **It reduces motion blur from patient movement** — **يقلّل التغبيش الناتج عن حركة المريض**

💡 سؤال مقترح من الأستاذ بهذه المحاضرة، لكن جوابه مكتوب في المحاضرة الأولى (لوحة التحكم، قسم المؤقّت): زمن التعرّض القصير يقلّل آثار حركة المريض الإرادية واللاإرادية فيحافظ على تفاصيل الصورة. أما هذه المحاضرة فتذكر فقط أن مولّدات التردد العالي تعطي «أقصر زمن تعرّض». والصدر يتحرك بالتنفس والقلب، والأطفال يتحركون.

24 **A high-voltage transformer has a turns ratio of 600, and its primary voltage is 150 V. What is the secondary voltage?**

محوّل جهد عالٍ نسبة لفّاته 600، وجهده الابتدائي 150 V. ما الجهد الثانوي؟

A	4 kV	kV 4
B	0.25 kV	kV 0.25
C	90 kV	kV 90
D	750 kV	kV 750

✅ **C** **90 kV** — **kV 90**

💡 Vp ÷ Np = Vs ÷ Ns، إذن Vs = 150 × 600 = 90,000 V = 90 kV.

25 **The primary current of a step-up transformer is 70 A, and its turns ratio is 700. What is the current in the secondary (tube) side?**

التيار الابتدائي لمحوّل رافع 70 A، ونسبة لفّاته 700. ما التيار في الجانب الثانوي (جانب الأنبوب)؟

A	49,000 A	A 49,000
B	10 A	A 10
C	700 mA	mA 700
D	100 mA	mA 100

✅ **D** **100 mA** mA 100

💡 الجهد يرتفع بنسبة اللفّات والتيار ينخفض بالنسبة نفسها: 70 ÷ 700 = 0.1 A = 100 mA.

26 **An engineer removes the rectifier unit from the high-voltage circuit. What problem would this cause for the X-ray tube?**

أزال مهندس وحدة التقويم من دائرة الجهد العالي. ما المشكلة التي يسبّبها ذلك لأنبوب الأشعة؟

A	The tube would get AC, but it needs DC	سيتلقى الأنبوب تياراً متناوباً، وهو يحتاج تياراً مستمراً
B	The tube would get a lower kVp only	سيتلقى الأنبوب كيلوفولتاً أقل فقط
C	The filament could no longer be heated	لن يمكن تسخين الفتيلة
D	The kVp could no longer be selected	لن يمكن اختيار الكيلوفولت

✅ **A** **The tube would get AC, but it needs DC** سيتلقى الأنبوب تياراً متناوباً، وهو يحتاج تياراً مستمراً

💡 المحوّلات تعمل بالتيار المتناوب، أما أنبوب الأشعة فيحتاج تياراً مستمراً؛ والتقويم بالثنائيات هو الذي يحوّل المتناوب إلى مستمر.

27 **Generator A works with 100% voltage ripple, and generator B with only a few percent ripple. Which one produces X-rays more efficiently, and why?**

المولّد A يعمل بتموّج جهد 100%، والمولّد B بتموّج بضعة بالمئة فقط. أيّهما يُنتج الأشعة بكفاءة أعلى، ولماذا؟

A A, as more ripple gives more photons — المولّد A، لأن التموّج الأكبر يعطي فوتونات أكثر

B Both, since the set kVp is the same — الاثنان متساويان، لأن الكيلوفولت المضبوط نفسه

C B, as less ripple wastes less voltage — المولّد B، لأن التموّج الأقل يهدر جهداً أقل

D Neither; ripple changes only the mA — لا فرق؛ التموّج يغيّر الملي أمبير فقط

✅ **C** **B, as less ripple wastes less voltage** — **المولّد B، لأن التموّج الأقل يهدر جهداً أقل**

💡 التموّج هو هبوط الجهد عن الذروة، ويمثّل كفاءة إنتاج الأشعة: كلما زاد التموّج قلّت الكفاءة؛ فالمولّد B ذو التموّج الأقل يبقى جهده قريباً من الذروة وهو الأكفأ.

28 **A single-phase generator is set to 80 kVp. Because its ripple is 100%, during each pulse the voltage across the tube falls to:**

مولّد أحادي الطور مضبوط على 80 kVp. ولأن تموّجه 100%، ينخفض الجهد على الأنبوب في كل نبضة إلى:

A About 70 kV — نحو 70 kV

B About 40 kV and never lower — نحو 40 kV ولا ينخفض أكثر

C Zero — صفر

D It never falls; it stays at 80 kV — لا ينخفض أبداً؛ يبقى 80 kV

✅ **C** **Zero** — **صفر**

💡 التموّج 100% يعني أن الجهد يهبط من الذروة حتى الصفر.

29

A new general room needs the shortest exposure times and a longer x-ray tube life. Based on the lecture, which generator type fits best?

غرفة عامة جديدة تحتاج إلى أقصر أزمنة تعرّض وعمر أطول لأنبوب الأشعة. بحسب المحاضرة، أيّ نوع من المولّدات أنسب؟

A	Single-phase half-wave generator	مولّد أحادي الطور بتقويم نصف موجي
B	Single-phase full-wave generator	مولّد أحادي الطور بتقويم موجي كامل
C	A generator without rectification	مولّد بلا تقويم
D	High-frequency generator	المولّد عالي التردد

✅ **D** **High-frequency generator** **المولّد عالي التردد**

💡 من أسباب انتشار المولّدات عالية التردد: أقصر زمن تعرّض، وزيادة عمر أنبوب الأشعة، وموجة جهد شبه ثابتة.

30

An X-ray unit produces too little tube current because its filament is not heated enough. Which component controls the filament temperature?

جهاز أشعة يُنتج تيار أنبوب قليلاً جداً لأن فتيلته لا تسخن بما يكفي. أيّ مكوّن يتحكم بدرجة حرارة الفتيلة؟

A	The mA selector (rheostat) in the filament circuit	منتقي الملي أمبير (مقاومة متغيّرة) في دائرة الفتيلة
B	The rectifier unit in the secondary circuit	وحدة التقويم في الدائرة الثانوية
C	The step-up transformer in the secondary circuit	المحوّل الرافع في الدائرة الثانوية
D	The autotransformer in the primary circuit	المحوّل الذاتي في الدائرة الابتدائية

✅ **A** **The mA selector (rheostat) in the filament circuit** **منتقي الملي أمبير (مقاومة متغيّرة) في دائرة الفتيلة**

💡 منتقي mA مقاومة متغيّرة تتحكم بحرارة الفتيلة، وهذه تحدد عدد الإلكترونات المنبعثة أي تيار الأنبوب.

31 **When the radiographer sets the kVp on the console, which component of the primary circuit is being adjusted?**

عندما يضبط المصوّر قيمة kVp على لوحة التحكم، أيّ مكوّن من مكوّنات الدائرة الابتدائية يُعدَّل؟

A The filament step-down transformer — محوّل الفتيلة الخافض

B The autotransformer — المحوّل الذاتي

C The rectifier unit — وحدة التقويم

D The exposure timer — مؤقّت التعرّض

✅ **B** **The autotransformer** — **المحوّل الذاتي**

💡 المحوّل الذاتي يعدّل الجهد الداخل إلى المحوّل الرافع، فيسمح للمصوّر بضبط الكيلوفولت المطلوب.

32 **A department replaces a single-phase unit with a high-frequency unit and keeps the same kVp and mA. What change in photon output should be expected?**

استبدل قسمٌ جهازاً أحادي الطور بجهاز عالي التردد مع الكيلوفولت والملي أمبير نفسيهما. ما التغيّر المتوقّع في عدد الفوتونات؟

A Lower photon quantity, so more mAs is needed — عدد فوتونات أقل، فنحتاج mAs أكثر

B No change, because kVp and mA are the same — لا تغيير، لأن kVp وmA متساويان

C Higher photon quantity, so less mAs may be needed — عدد فوتونات أكبر، فقد نحتاج mAs أقل

D More soft x-rays and a higher patient dose — أشعة لينة أكثر وجرعة أعلى للمريض

✅ **C** **Higher photon quantity, so less mAs may be needed** — **عدد فوتونات أكبر، فقد نحتاج mAs أقل**

💡 بالعوامل الفنية نفسها تنتج المولّدات عالية التردد كمية فوتونات أكبر من المولّدات الأقل طوراً، فتقلّ الحاجة إلى mAs عالٍ.

33

The hospital supplies an X-ray unit with 220 V AC, but the tube needs about 80 kV to accelerate electrons. Which unit performs this conversion?

يغذّي المستشفى جهاز الأشعة بجهد متناوب 220 V، لكن الأنبوب يحتاج إلى نحو 80 kV لتسريع الإلكترونات. أيّ وحدة تقوم بهذا التحويل؟

A The line compensator alone — معوّض جهد الخط وحده

B The filament step-down transformer — محوّل الفتيلة الخافض

C The exposure timer — مؤقّت التعرّض

D The high voltage generator — مولّد الجهد العالي

✅ **D** **The high voltage generator** — **مولّد الجهد العالي**

💡 مولّد الجهد العالي هو وحدة القدرة الأساسية: يحوّل الجهد المنخفض الداخل (120–440 VAC) إلى جهد عالٍ (30–150 kV طبياً) لتسريع الإلكترونات.

✅ اختبر نفسك الآن

اختبار تفاعلي لهذه المحاضرة: الأسئلة نفسها بترتيب جديد كل مرة.

صوّر الرمز بكاميرا الموبايل إذا كان الملف مطبوعاً.

للمزيد: قناة @almusawy_radiology