1- خـط الدائرة المفتوحة (Open Circuit Load (OC))

يمتاز هذا الخط بكون الموجات المرسـلة من المصـدر تعاني ارتداد كامل لانه لايوجد حمل لاسـتهلاك هذه الطاقة وتكون الفولتية عند نهاية الخط اعظم مايمكن، بينما يتلاشـى التيار، اما الموجة المستقرة فتكون اكبر مايمكن.

في هذه الحالة ($Z_r = \infty$) وكذلك ($Z_{in} = Z_{oc}$) وتسمى ممانعة الدائرة المفتوحة من معادلة (73) يمكن إيجاد Z_{in} بضرب المعادلة ب (Z_0) لنحصل على:-

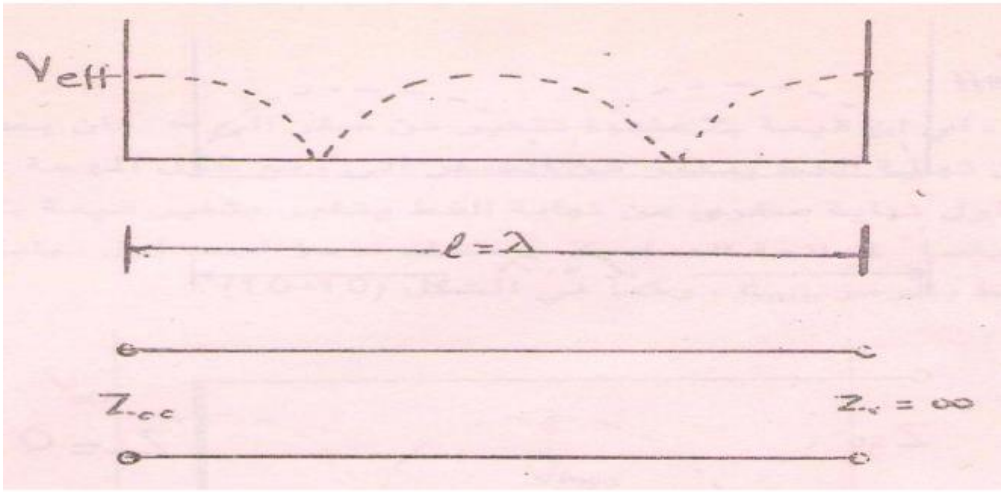
$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_r + j \tan \beta l}{1 + jZ_r \tan \beta l} \qquad \ldots\ldots\ldots(74)$$

وبالقسمة على (Z_r) نحصل على:-

$$Z_{oc} = Z_0 \frac{1 + \frac{j \tan \beta l}{Z_r}}{\frac{1}{Z_r} + j \tan \beta l} \qquad \ldots\ldots\ldots(75)$$

$$\therefore Z_{oc} = -jZ_0 \cot \beta l \qquad \ldots\ldots\ldots(76)$$

نلاحظ ان Z_{oc} قيمة **خيالية** وهي ذات طابع سـعوي. ويكون شـكل خط النقل وهيكل الموجة الواقفة كما في الشكل (3-8).



الشكل (3-8):- رسم توضيحي يبين خط الدائرة المفتوحة

2- خـط الدائرة القصيرة (Short Circuit Load (SC))

كما في الحالة السـابقة يحدث ايضـا ارتداد كامل للموجات على طول خط النقل، غير ان الفولتية في نهاية الخط تتلاشـى، اما التيار والموجة المستقرة (standing wave) فيكونان اكبر مايمكن.

في هذه الحالة ($Z_r = 0$) وكذلك ($Z_{in} = Z_{sc}$) وتسـمى ممانعة الدائرة القصـيرة. ويكون شكل خط النقل وهيكل الموجة الواقفة كما في الشكل (3-9).

من معادلة (74) يمكن ان نحصل على:-

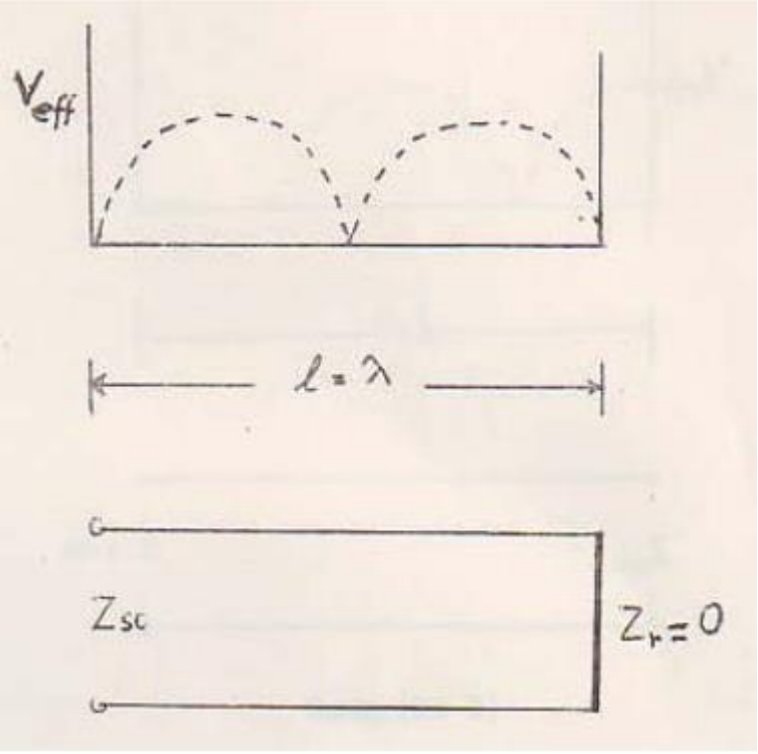
$$Z_{sc} = jZ_0 \tan \beta l \qquad \ldots\ldots\ldots(77)$$

نلاحظ من الشكل (3-9) أن الفولتية في نهاية الخط تساوي صفر وذلك لأن الممانعة تساوي صفر أيضا". وان Z_{sc} قيمة خيالية وهي ذات طبيعة حثية.

وعند ضرب طرفي المعادلتين (76) و(77) ببعضهما البعض نحصل على:-

$$Z_0 = \sqrt{Z_{oc} Z_{sc}} \qquad \text{.....(78)}$$

من هنا نستنتج أن الممانعة المميزة لخط النقل تساوي المعدل الهندسي لممانعتي الخط المفتوح والخط القصير.



الشكل (3-9):- رسم توضيحي يبين خط الدائرة القصيرة

عندما يكون خط النقل منتهي بدائرة قصـيرة ($Z_r=0$) فان موضـع اول نهاية صـغرى يقع عند نهاية الخط، اما عندما ينتهي خط النقل بدائرة مفتوحة ($Z_r=\infty$) فان موضـع اول نهاية صغرى يقع على مسافة مقدارها ($\frac{\lambda}{4}$) عن نهاية الخط. اي ان قيمة (Z_r) عندما تتغير من 0 الى ∞ فان بعد اول نهاية صغرى عن نهاية الخط يتغير من 0 الى $\frac{\lambda}{4}$.

اي ان بعد **اول نهاية صـغرى** عن نهاية الخط يتغير بتغير قيمة (Z_r) ويمكن اعتبارة مقياسـا" لممانعة الحمل.

سنفرض ان (s_{min}) تمثل المسافة من نهاية الخط الى اول نهاية صغرى وهي تناظر (m=0) في معادلة ($\psi - 2\beta s_m = (2m+1)\pi$)، حيث ان المقدار (s_{min}) يستفاد منه في قياس كلا" من (z_r) وطور معامل الانعكاس، حيث ان s_{min} هي المسافة التي تكون فيها m=0.

$$\psi - 2\beta s_m = (2m+1)\pi$$

at m=0 $\rightarrow$ $s_{min} = s_0$

$$\psi - 2\beta s_{min} = \pi$$

$$\therefore \psi = \pi + 2\beta s_{min}$$

العلاقة اعلاه دائما تعطينا قيمة (s_{min}) سالبة اي باتجاة المولد (back ward).

$$\therefore \psi = \pi + \frac{4\pi}{\lambda} s_{min} \qquad \text{.....(79)}$$

من المعادلة اعلاه يمكن حساب قيمة زاوية الطور لمعامل الانعكاس (ψ) بعد معرفة (s_{min}).

H.W

خط نقل ممانعته المميزة تساوي 50Ω، وّجد أن سرعة الموجة التي ينقلها هذا الخط تساوي سرعة الضوء في الفراغ. جد كلا من المحاثة لوحدة الطول والسعة لوحدة الطول لهذا الخط.

نسبة الموجة الواقفة (SWR):-

ان الموجات المستقرة (والتي هي محصلة التداخل بين الموجات المرسلة والموجات المرتدة) على خط النقل تكون مرتبطة بالفرق بين قيمتي $(Z_0$ و $Z_r)$ وان النسبة بين اعظم فولتية (V_{max}) واقل فولتية (V_{min}) للموجة المستقرة تدعى **بنسبة فولتية الموجة الواقفة (SWR)** او **معامل الموجة المستقرة** وهو:-

$$SWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} \qquad \ldots\ldots\ldots(80)$$

ويستفاد منه في قياس كفاءة نقل الطاقة عبر خط النقل وكما يلي :-

- عندما SWR=1 ← يكون نقل الطاقة عبر الخط تاما" وهي حالة مثالية وليست عملية
- عندما $1 < SWR \geq 1.5$ ← تشير هذه الحالة الى كفاءة كبيرة في نقل الطاقة.
- عندما $SWR > 2$ ← تشير هذه الحالة الى انخفاض كفاءة نقل الطاقة.

معامل الانعكاس (reflection coefficient (ρ))

هو النسبة بين فولتية الموجة المنعكسة والساقطة ويعد معامل الارتداد من الخصائص المميزة لخط النقل ويستخدم لقياس كفاءة خط النقل بحيث انه كلما زادت قيمة معامل الانعكاس دل ذلك على انخفاض كفاءة النقل والعكس صحيح كما يلي-

$$\rho = \frac{V_R}{V_T} = \frac{Z_r - Z_0}{Z_r + Z_0} \qquad \ldots\ldots\ldots(81)$$

اذا كانت قيمة (SWR) معروفة فيمكن حساب قيمة (ρ) من العلاقة التالية:-

$$|\rho| = \frac{SWR-1}{SWR+1} \qquad \ldots\ldots\ldots(82)$$

وبالعكس فاذا كانت قيمة (ρ) معروفة فانه:-

$$SWR = \frac{1+|\rho|}{1-|\rho|} \qquad \ldots\ldots\ldots(83)$$

H.W.

❖ اثبت ان

$$SWR = \frac{Z_r}{Z_0}$$

❖ إذا كان طول خـط النقـل كبيـراً جـداً فإن $\rho \rightarrow 0$ و $SWR \rightarrow 1$ أي أن الموجة التي تسقط ستتلاشى ولن ينعكس منها شـيء.