

الكابل المحوري لمحطات الراديو ثنائي الاتجاه: LMR-240 مقابل LMR-400 مقابل LMR-600

يعتمد أداء منظومة الراديو ثنائي الاتجاه على الكابل الذي يربط الجهاز بالهوائي. فإذا وصلت جهازاً بقدرة 25 واط بهوائي عبر كابل محوري رفيع وعالي الفقد، يتحول جزء كبير من تلك القدرة إلى حرارة داخل الكابل قبل أن يصل إلى الهوائي. ثم يعمل الفقد نفسه ضدك عند الاستقبال.

يقارن هذا الدليل بين LMR-240 و LMR-400 و LMR-600 عند نطاق VHF و UHF بالاعتماد على قيم التخميد المنشورة من Times Microwave، ويبيّن مقدار القدرة التي يوصلها كل كابل فعلياً في مسافة نموذجية، ويقدم طريقة بسيطة لاختيار الكابل المناسب لمحطة قاعدة أو موقع مكرر. ولمعرفة أساسيات قياس الفقد راجع [الدليل الشامل لسلسلة كابلات LMR](#).

لماذا يهم فقد خط التغذية أكثر من قدرة الجهاز؟

يُقاس فقد الكابل المحوري بالديسيبل، والديسيبلات تتراكم بسرعة: كل 3 ديسيبل من الفقد يزيل نصف القدرة. والفقد متماثل أيضاً؛ فما يأخذه الكابل من مرسلك في الاتجاه الخارج يأخذه من الإشارة الواردة في الاتجاه الداخل، لذلك يقلص خط التغذية عالي الفقد تغطيتك في الاتجاهين.

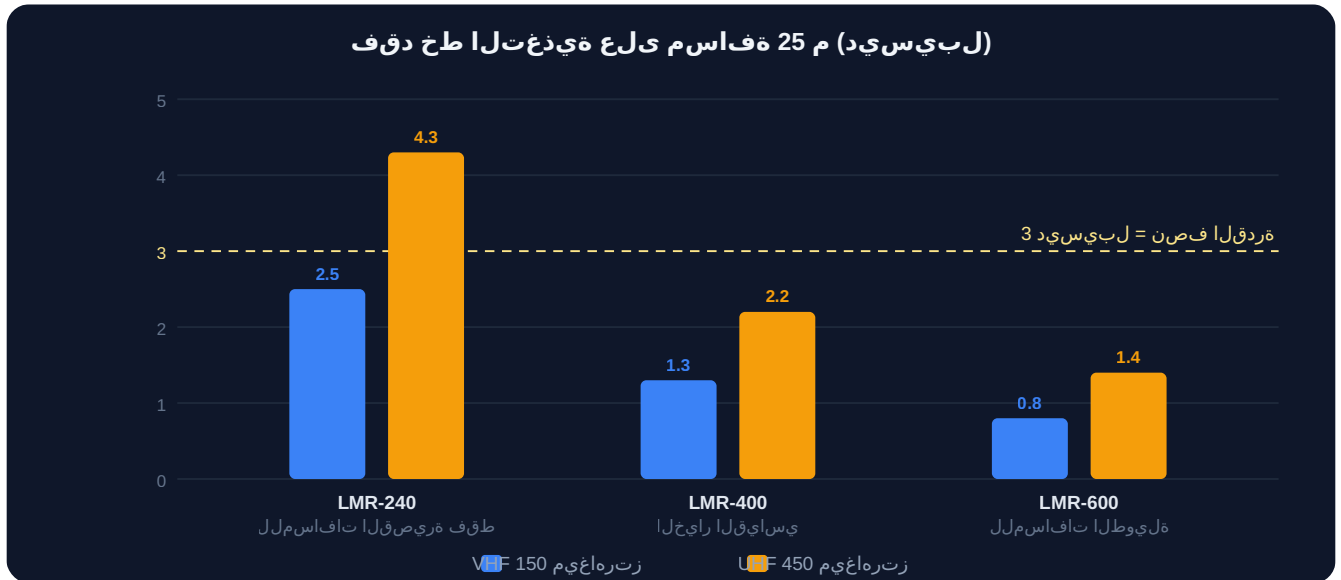
ولهذا السبب نادراً ما تكون زيادة قدرة الجهاز هي الحل الصحيح. يمكن رفع محطة القاعدة من 25 إلى 50 واط، لكن الجهاز المحمول الذي يرد عليها لا يمكن رفع قدرته، وتظل إشارته مضطربة إلى عبور الكابل نفسه قبل أن تصل إلى مستقبل القاعدة. تقليل فقد خط التغذية يحسّن الاتجاهين معاً، أما زيادة قدرة الإرسال فتحسّن اتجاهاً واحداً فقط.

التخميد المنشور: LMR-240 و LMR-400 و LMR-600

الكابل	150 ميغاهرتز (VHF)	450 ميغاهرتز (UHF)	نصف قطر الانحناء المفرد	الأنسب لـ
LMR-240	9.9 ديسيبل/100 م	17.3 ديسيبل/100 م	19.0 مم	وصلات قصيرة ومسافات حتى نحو 10 م
LMR-400	5.0 ديسيبل/100 م	8.9 ديسيبل/100 م	25.4 مم	خط التغذية القياسي لمحطات القاعدة
LMR-600	3.2 ديسيبل/100 م	5.6 ديسيبل/100 م	38.1 مم	المسافات الطويلة ومواقع الأبراج والمكررات

القيم هي أرقام Times Microwave المنشورة عند 25 °م، محولة من ديسيبل لكل 100 قدم. راجع دائماً أحدث ورقة بيانات قبل تحديد المواصفات لوصلة حرجة.

UHF يكلف أكثر من VHF على الكابل نفسه. يزداد فقد الكابل المحوري تقريباً مع الجذر التربيعي للتردد، لذا فالانتقال من 150 إلى 450 ميغاهرتز يضاعف الفقد نحو 1.7 مرة. وقد يكون خط التغذية الممتاز في منظومة VHF على الحد في منظومة UHF.



الشكل 1 — فقد الكابل على مسافة 25 م. عند UHF يفقد LMR-240 أكثر من نصف قدرة المرسل على هذا الطول.

كلفة كل طول من المسافة

طول المسافة	LMR-240	LMR-400	LMR-600
10 م	1.7 / 1.0 ديسيبل	0.9 / 0.5 ديسيبل	0.6 / 0.3 ديسيبل
25 م	4.3 / 2.5 ديسيبل	2.2 / 1.3 ديسيبل	1.4 / 0.8 ديسيبل
50 م	8.7 / 5.0 ديسيبل	4.5 / 2.5 ديسيبل	2.8 / 1.6 ديسيبل

تعرض كل خلية الفقد عند VHF (150 ميغاهرتز) / UHF (450 ميغاهرتز). هذه الأرقام للكابل وحده، فأضف جزءاً من الديسيبل لكل زوج موصلات ووصلة قصيرة وواقي من الصدمات في المسار.

كم من القدرة يصل فعلاً إلى الهوائي؟

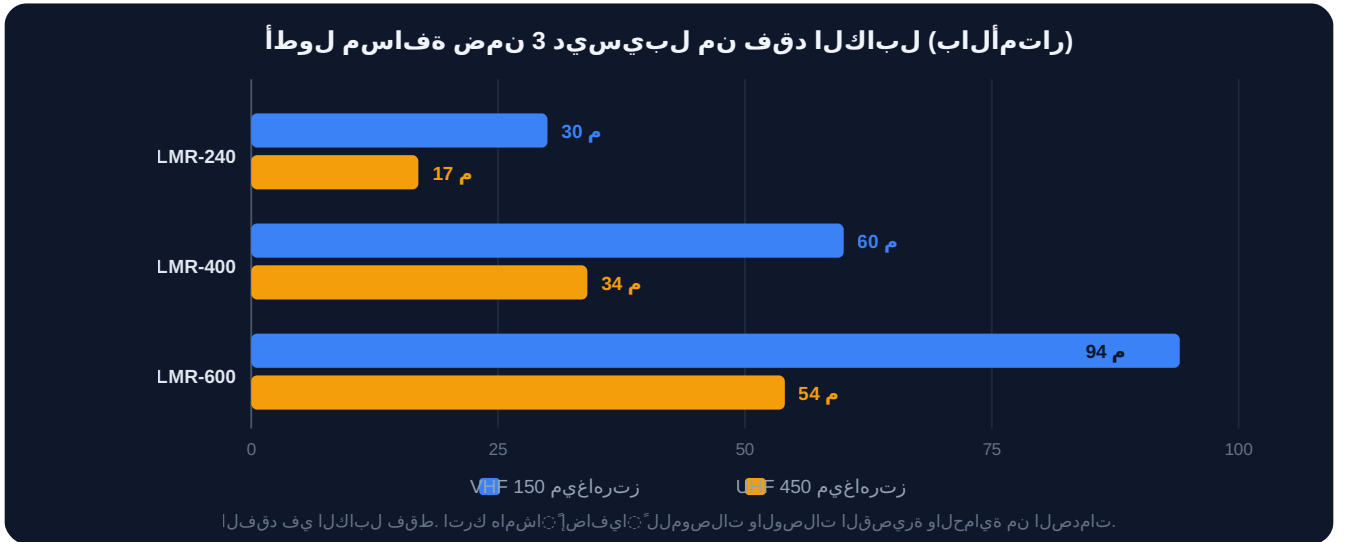
لنفترض جهازاً بقدرة 25 واط على UHF، وهي فئة القدرة لجهاز متنقل مثل [Motorola DM1400 UHF 25W](#)، يغذي هوائياً عبر 25 م من الكابل عند 450 ميغاهرتز:

الكابل	الفقد على 25 م	القدرة الواصلة	القدرة عند الهوائي
LMR-240	4.3 ديسيبل	37%	نحو 9 واط
LMR-400	2.2 ديسيبل	60%	نحو 15 واط
LMR-600	1.4 ديسيبل	72%	نحو 18 واط

تغيير الكابل وحده من LMR-240 إلى [LMR-400](#) يضع على الهوائي قدرة أكبر بنحو 60٪، ويحسن حساسية الاستقبال بالمقدار نفسه (2.1 ديسيبل). ولا توجد ترقية جهاز بهذا السعر تحقق الأمرين معاً.

ما أطول مسافة ممكنة؟

من قواعد التصميم الشائعة إبقاء فقد خط التغذية عند 3 ديسيبل أو أقل، أي نصف القدرة، وتهدف مواقع كثيرة إلى قيمة أقل. يبين الشكل 2 أطول مسافة تبقى ضمن 3 ديسيبل لكل كابل.



الشكل 2 — أقصى مسافة قبل أن يبلغ فقد الكابل 3 ديسيبل. حدود UHF أقصر بنحو 40٪ من حدود VHF على الكابل نفسه.

اختيار الكابل

- حتى نحو 10 م: LMR-240 مقبول، خاصةً عند VHF، وقطر انحنائه الأصيق يفيد داخل الخزائن الضيقة.
 - من 10 إلى 35 م: LMR-400 هو الاختيار القياسي ويناسب معظم محطات القاعدة على الأسطح ومواقع المكررات الصغيرة.
 - من 35 إلى 55 م عند UHF (أو من 60 إلى 95 م عند VHF): LMR-600.
 - ما بعد ذلك: لا تكتفِ بإضافة المزيد من الكابل. قَرِّب الجهاز أو المكرر من الهوائي، أو انتقل إلى خط تغذية منخفض الفقد بحجم أكبر.
- وعندما يكون المسار ضيقاً فعلاً، فإن LMR-400-UF (الأكثر مرونة) يقاوم قليلاً من الفقد الإضافي بنصف قطر انحناء أصغر.

الموصلات وملاحظات التركيب

- **طابق الموصل مع الكابل.** موصل N لـ LMR-400 وموصل N لـ LMR-600 قطعتان مختلفتان؛ فالجسم الخاطئ يعطي كبساً سيئاً وتلامساً متقطعاً.
 - **استخدم N أو DIN 7/16 عند UHF.** موصل (PL-259) UHF مقبول عند HF و VHF لكنه ليس ثابت المعاوقة، لذا تجنّبهُ عند UHF.
 - **اعزل كل موصل خارجي ضد الماء** بشريط ذاتي الالتحام وغلاف يقاوم الأشعة فوق البنفسجية. فتسرّب الماء هو السبب الأشيع لتدهور خط التغذية بمرور الوقت.
 - **اشترِ كابلاً أصلياً.** قد يفقد الكابل التقليدي أكثر بوضوح من رقم ورقة البيانات.
- ما زلت تقرر بشأن الأجهزة نفسها؟ راجع مقالنا عن [الراديو التناظري مقابل الرقمي DMR](#)، ودليل [تركيب الهوائي وفحص VSWR](#).

الأسئلة الشائعة

هل يمكنني استخدام LMR-240 لهوائي محطة قاعدة؟

نعم، إذا كانت المسافة قصيرة. عند 450 ميغاهرتز يفقد نحو 1.7 ديسيبل على 10 م، وهو مقبول. أما عند 25 م فيفقد 4.3 ديسيبل ولا تصل أكثر من نصف قدرة المرسل إلى الهوائي. وعند VHF يمكنه بلوغ نحو 30 م قبل أن يصل إلى 3 ديسيبل. ولأي مسافة أطول من وصلة قصيرة عند UHF، انتقل إلى LMR-400.

هل يستحق LMR-600 كلفته الإضافية مقارنة بـ LMR-400؟

على مسافة 25 م عند UHF يبلغ الفرق 0.8 ديسيبل (2.2 مقابل 1.4 ديسيبل)، وهو يعادل نحو 3 واط على جهاز بقدرة 25 واط، إضافةً إلى المكسب نفسه عند الاستقبال. وهذا يستحق الدفع غالباً لمكرر حرج أو لوصلة على حافة التغطية. أما

لمحطة قاعدة نموذجية على سطح بمسافة تقل عن 30 م، فإن LMR-400 هو الاختيار المعقول عادةً. وبعد نحو 35 م عند UHF يصبح LMR-600 ضرورة وليس خياراً.

لماذا يحتاج UHF إلى كابل أفضل من VHF؟

يزداد فقد الكابل المحوري مع التردد، تقريباً مع جذره التربيعي. والانتقال من 150 إلى 450 ميغاهرتز يضاعف الفقد على الكابل نفسه نحو 1.7 مرة، فيصبح خط التغذية الجيد في منظومة VHF على الحد في منظومة UHF.

هل أشتري جهازاً أعلى قدرة بدلاً من كابل أفضل؟

غالباً لا. مضاعفة قدرة الإرسال تعادل 3 ديسيبل، وهو ما يعادل إزالة 3 ديسيبل من فقد الكابل، لكنها تفيد المسار الخارج فقط. وعادةً ما يحدّ مرسل الجهاز المحمول الأضعف من المدى، ولا يحسّن جانب الاستقبال في محطة القاعدة إلا تقليل فقد خط التغذية. أصلح الكابل أولاً.

قراءة VSWR تبدو ممتازة. هل يعني ذلك أن الكابل سليم؟

ليس بالضرورة. فالفقد في الكابل يُضعف القدرة المنعكسة كما يُضعف القدرة الأمامية، لذلك قد يجعل الكابل الطويل أو عالي الفقد هوائياً سيئاً يبدو متوافقاً جيداً عند القياس من جهة الجهاز. وللحكم على الهوائي قس عند طرف الهوائي، وللحكم على الكابل قارن فقهه المقاس برقم ورقة البيانات.

كابلات LMR وموصلاتها لمواقع الراديو ثنائي الاتجاه

تورّد برافو ساتكوم كابلات Times Microwave LMR-400 و LMR-600 مع موصلات N المناسبة، إضافةً إلى أجهزة راديو ثنائية الاتجاه من موتورولا و ICOM و كينود لتركيبات محطات القاعدة والمكررات.

[تصفح كابلات LMR](#) · [أجهزة محطات القاعدة](#)